

# ВЕСТНИК

КУРГАНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА

№ 3 (42) 2016

Серия  
«Технические науки»  
ВЫПУСК 11



Курганский  
государственный  
университет



редакционно-издательский  
центр  
65-48-12

# *ВЕСТНИК*

*КУРГАНСКОГО* № 3(42)  
*ГОСУДАРСТВЕННОГО* 2016  
*УНИВЕРСИТЕТА*

---

*СЕРИЯ*

*«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ»*

*Выпуск 11*

---

**Редакционная коллегия:**

канд. юрид. наук **К.Г. Прокофьев** – главный редактор журнала  
д-р техн. наук, проф. **В.И. Курдюков** – ответственный редактор серии  
д-р техн. наук, проф. **А.А. Благодоров**  
д-р техн. наук, проф. **В.Б. Держанский**  
д-р техн. наук, доц. **Г.Ю. Волков**



УДК 62  
ББК 30  
В 38

Вестник Курганского государственного университета. – Серия «Технические науки». – Вып. 11. – Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2016. – 134 с.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ТУ 45-00016 от 3 декабря 2008 года, выдано Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи и массовых коммуникаций по Курганской области.

**Учредитель журнала** *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курганский государственный университет»*

Подписной индекс в Каталоге Роспечати «Газеты. Журналы» Агентства ООО «МАП» – 10994.

Научный периодический журнал «Вестник Курганского государственного университета» включен в международную базу данных «Ulrich's Periodicals Directory», в электронную библиотечную систему «Лань».

**Главный редактор журнала:** *кандидат юридических наук К.Г. Прокофьев*

**Ред. коллегия:** *В.И. Курдюков – д-р техн. наук, профессор  
Г.Ю. Волков – д-р техн. наук, доцент  
В.Б. Держанский – д-р техн. наук, профессор  
А.А. Благодоров – д-р техн. наук, профессор*

**Адрес редакции:** 640020, Курганская область, г. Курган, ул. Советская, д. 63, каб. 505

**Телефон/факс:** 8(3522) 654986

**Электронная почта:** vestnik@kgsu.ru

**Отв. редактор серии:** *В.И. Курдюков*

**Директор БИЦ КГУ:** *Т.В. Агафонова*

**Изготовление оригинал-макета:** Библиотечно-издательский центр КГУ

ISSN 2222-3312

© Курганский  
государственный  
университет, 2016  
© Авторы, 2016

# ИСТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА В ЛИЦАХ

УДК. 621 (470.58)(09)

**С.Г. Костенко**  
*Курганский государственный университет*

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

**Аннотация.** В статье кратко изложена история зарождения и развития технологического факультета Курганского государственного университета. Отражено оснащение материально-технической базы технологического факультета и тематика научных исследований, проводимых на факультете. Показана разнообразная деятельность факультета.

**Ключевые слова:** Курганский государственный университет (КГУ), технологический факультет, кафедра, машиностроительные предприятия, инженер.

**S.G. Kostenko**  
*Kurgan State University*

## TECHNOLOGICAL FACULTY YESTERDAY, TODAY, TOMORROW

**Annotation.** The article briefly sets out the history of foundation and development of the Technological faculty of Kurgan State University. Facilities and resources equipment of the Technological faculty and a scope of the scientific research conducted at the faculty are reflected. Versatile activities of the faculty are shown in the article.

**Keywords:** Kurgan State University (KSU), Technological faculty, a chair, machine-building enterprises, engineer.

### История и развитие технологического факультета КГУ

Сегодня это один из крупнейших и старейших факультетов Курганского государственного университета, являющийся последователем механико-технологического факультета. История факультета начиналась в далеком 1965 году, когда в Курганском машиностроительном институте (КМИ), основанном в 1960 году, дневной факультет реорганизуется в два факультета: механико-технологический и автотракторный, которые возглавили кандидаты технических наук, доценты Ю.А. Денисов и М.Д. Филинков. На протяжении последующих лет факультетом руководили Я.А. Симахин, В.П. Бирюков, В.И. Макаров, Н.Н. Толмачевский, В.Л. Рохин, В.И. Курдюков, В.П. Кузнецов. С 2014 года факультет возглавляет С.Г. Костенко.

На протяжении всего периода своего существования факультет подвергался различным реорганизациям и с 2003 года преобразовался в технологический факультет.

Факультет богат своей историей и своими традициями и обладает высококвалифицированным профессорско-преподавательским составом (75% преподавателей имеют ученые степени и звания, в том числе 10% докторов наук, профессоров, 65% кандидатов наук, доцентов); современной материально-технической базой; перспективными и востребованными направлениями.

В настоящий момент факультет включает в себя 7 кафедр: «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», «Автоматизация производственных процессов», «Экология и безопасность жизнедеятельности», «Инноватика и менеджмент качества», «Технология и автоматизация сварочного производства», «Программное обеспечение автоматизированных систем», «Безопасность информационных автоматизированных систем». Эти кафедры возглавляют М.В. Давыдова, О.В. Дмитриева, С.К. Белякин, В.В. Марфицын, А.К. Давыдов, Т.Р. Змызгова, Е.Н. Полякова.

Контингент студентов по всем формам обучения составляет свыше 1500 человек. Причем подготовка бакалавров и магистров ведется как по очной, так и по заочной формам с полным сроком обучения, по сокращенной программе, с элементами дистанционных образовательных технологий, очно-заочной форме, а также по программе «второе высшее образование».

Встает логичный вопрос: когда же в нашей области начался настоящий инженерный бум, приведший к появлению целой россыпи отлично подготовленных специалистов-машиностроителей? Ведь Курганская область традиционно считается сельскохозяйственным регионом. Но жизнь стремительно развивалась в соответствии с экономическим прогрессом, и в середине прошлого столетия в Зауралье начинают активно заявлять о себе машиностроительные предприятия. Продукция таких крупных предприятий, как машиностроительный и автобусный заводы, «Синтез», «Химмаш», «Курганприбор» и других, хорошо известна не только в России, но и за рубежом.

Чтобы решать сложные научно-технические задачи, этим предприятиям нужны были инженерные кадры. Опыт показывал, что инженерно-технические кадры, присылаемые в Курганскую область из других вузов, не всегда оставались здесь. Зауралью нужны были свои инженеры. Поэтому встал вопрос о необходимости организации высшего технического образования в Зауралье.

В 1959 году Совет Министров СССР принял решение о создании в г. Кургане машиностроительного института, ректором которого в январе 1960г. стал К.И. Радько. Многие годы Курганский маши-

ностроительный институт возглавлял Почетный гражданин Курганской области, Заслуженный машиностроитель РФ, профессор Г.П. Мосталыгин.

В момент образования КМИ сначала предусматривалась подготовка инженеров по трем специальностям, наиболее востребованным машиностроением Зауралья: «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»; «Оборудование и технология сварочного производства»; «Автомобили и тракторы».

В 1962 году в КМИ появились первые выпускающие кафедры: «Технология машиностроения, станки и инструменты» под руководством Ю.А. Розенберга, «Организация и технология сварочного производства», где зав. кафедрой стал А.И. Фальков, «Автомобили и тракторы», которую возглавил В.А. Куюков.

С момента своего основания кафедры факультета неоднократно реорганизовывались, но до сих пор взаимодействуют не только с машиностроительными предприятиями нашего региона, но и предприятиями, расположенными далеко за его пределами, таких как ВАЗ, КАМАЗ, Уралвагонзавод, Уралмашзавод, Челябинский тракторный завод, Ижмаш и др.

Наряду с подготовкой бакалавров и магистров кафедры факультета занимаются научно-исследовательской работой. В состав научно-исследовательского комплекса факультета входят научно-образовательный центр экологии, охраны труда и безопасности жизнедеятельности и 7 научно-исследовательских лабораторий, которые занимаются совершенствованием методов проектирования, расчета и эксплуатации элементов станочно-инструментального оснащения технологий лезвийной и алмазно-абразивной обработки, совершенствованием методов формообразующей, отделочно-упрочняющей обработки и управления качеством продукции, разработкой научных основ проектирования и эксплуатации специализированных автоматизированных систем, автоматизацией малооперационных ресурсосберегающих технологий в машиностроении, управлением техносферной и экологической безопасности населения и территории Курганской области. Благодаря многолетнему труду по подготовке инженерных кадров кафедры «Технология и автоматизация сварочного производства», «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», «Автоматизация производственных процессов» выиграла грант «Инженерные кадры Зауралья», что позволило на качественно новом уровне переоснастить учебные и исследовательские лаборатории современным оборудованием. Так, например, на кафедру «Оборудование и технология сварочного производства» была приобретена уникальная испытательная машина, на сегодняшний день единственная в России, позволяющая проводить механические испытания при различных видах нагружения и программах, кафедрой «Технология машиностроения, металлоре-

режущие станки и инструменты» приобретены токарно-фрезерный и фрезерный обрабатывающие центры, а также лазерная установка, используемая для раскрытия листовых материалов, кафедрой «Автоматизация производственных процессов» приобретена уникальная координатно-измерительная машина Wenzel LH54, позволяющая проводить контроль геометрических показателей качества деталей.

На текущую пятилетку предусмотрена разработка таких научных тем, как «Научные основы инжиниринга перспективных технологий автоматизированного производства авиационной, ракетно-космической, транспортной и военной техники», «Научные основы создания финишных технологий и инструментов для автоматизированной обработки высокоресурсных деталей транспортной техники нового поколения», «Проектирование сварных конструкций и диагностика эксплуатационной безопасности с использованием информационно-компьютерных технологий», «Организационное и техническое обеспечение менеджмента качества». К выполнению научно-исследовательских работ широко привлекаются студенты и аспиранты. Ежегодно на факультете проводятся студенческая научно-практическая конференция и выставка научно-технического творчества студентов. Многие научно-технические работы студентов, выполненные в факультетской специализированной научно-исследовательской лаборатории «CALS-технологии в машиностроении», получили дипломы и призы на Международных студенческих конкурсах «Будущие АСы КОМПьютерного 3D-моделирования», «Компьютерный инжиниринг», «SWR-Академия». На Всероссийских смотрах-конкурсах выпускных квалификационных работ студенты технологического факультета неоднократно занимали призовые места, подтверждая высокое качество подготовки специалистов.



Рисунок 1 – Магистрант Алексей Синюков выполняет научные исследования по теме «Многоосевая токарно-фрезерная обработка на обрабатывающих центрах с ЧПУ»

С момента образования технологического факультета прошло полвека, однако потребность в инженерных кадрах не уменьшается, а только возрастает. Брендвое название фа-

культета — технологический — известно далеко за пределами Курганской области. Список замечательных имен, которыми гордится факультет, очень велик, перечислить всех невозможно. Это руководители промышленных предприятий, банковских, коммерческих и силовых структур, органов государственной власти, ученые вузов, деятели культуры, такие как О.А. Богомолов — Губернатор Курганской области (1997-2014 гг.), О.И. Бухтояров — ректор КГУ (2002-2012 гг.), В.И. Курдюков — доктор технических наук, профессор КГУ, директор научно-производственной фирмы «ЭКСИ», В.П. Кузнецов — доктор технических наук, профессор, генеральный директор предприятия «Сенсор»; В.А. Бубнов, А.Е. Гончаров, Ю.Г. Гуревич, О.Г. Завьялова, С.И. Тахман — доктора наук, профессора КГУ; А.Н. Симанов — генеральный директор ОАО «Икар», позднее исполнительный директор Курганского регионального отделения Российского союза промышленников и предпринимателей; В.И. Яхонтов — директор Курганского филиала Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации; И.Г. Лория — главный инженер ОАО «Курганмашзавод»; П.В. Ротермель — главный инженер ОАО «Корвет»; В.М. Коротенко — главный технолог ОАО «СКТБ «Курганприбор»; В.В. Макаров — генеральный директор ЗАО «Курганспекарматура» и многие другие.

Говоря о завтрашнем дне технологический факультет планирует укреплять и международные связи с ведущими вузами зарубежья. Так, например, в рамках заключенного договора о сотрудничестве между Курганским государственным университетом и Белорусским государственным технологическим университетом технологическим факультетом планируется образовательное, научное и инновационное взаимодействие в области реализации совместных программ научных исследований и технических разработок.

Как говорится, не хлебом единым жив человек. Кроме учебы и научных исследований студенты факультета принимают активное участие в различных фестивалях, конкурсах и спортивных мероприятиях. Традиционным мероприятием факультета является «День машиностроителя». Наш факультет неоднократно занимал первые места в конкурсе «Лучшая академическая группа КГУ», а также в фестивале студенческого творчества «Веселый ДЯФ». Студенты технологического факультета были первыми, кто участвовал в движении студенческих строительных отрядов Зауралья.

Подводя итог, хочется отметить, что развитию промышленности Курганской области сегодня необходимо уделять особое внимание, поскольку 40% налогов в бюджет области приносят именно машиностроительные предприятия. Правительством страны в период предъявляемых России экономических санкций и дешевой нефти

для обеспечения ее национальной безопасности поставлена задача импортозамещения, а это значит, что наши предприятия должны выпускать конкурентоспособную продукцию мирового уровня. Чтобы справиться с этой задачей, профессорско-преподавательский состав факультета, обладающий высоким научным потенциалом, направляет все усилия на подготовку высококвалифицированных кадров, способных решать сложные производственные задачи.



# ИСТОРИЯ ЗАУРАЛЬЯ В ЛИЦАХ

УДК 929;908

**В.А. Бубнов**  
*Курганский государственный университет*

## БАЛАКШИНЫ. В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ, МАШИНОСТРОЕНИИ, НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ

**Аннотация.** В публикуемом очерке представлены пять поколений Балакшиных, внесших значительный вклад в развитие производительных сил Зауралья Западной Сибири и в целом России. С.А. Балакшин считается зачинателем машиностроения в Зауралье и Сибири, основателем первого машиностроительного завода в нашем регионе. Он внес большой вклад в мукомольное дело и гидроэнергетику Сибири.

В 2017 году отмечается 140-летний юбилей Сергея Александровича со дня рождения. Этому событию и посвящается настоящая публикация.

**Ключевые слова:** производительные силы, машиностроение, гидроэнергетика, Зауралье, Сибирь.

**V.A. Bubnov**  
*Kurgan State University*

## THE BALAKSHINS IN AGRICULTURAL COOPERATION, MECHANICAL ENGINEERING, SCIENCE AND EDUCATION

**Annotation.** The Balakshins five generations who have made a significant contribution to the development of the productive forces in Zauralye, Western Siberia and Russia as a whole are presented in the published sketch. S.A. Balakshin is considered to be a pioneer in mechanical engineering in the Urals and Siberia, the founder of the first machine factory in our region. He has made a great contribution to the flour milling business and hydropower in Siberia.

In 2017 140 year anniversary of Sergei Alexandrovich Balakshin is celebrated. This publication is dedicated to this event.

**Keywords:** the productive forces, mechanical engineering, hydropower, Zauralye, Siberia.

*«Как богата Сибирь своими природными богатствами!  
Какой это мощный край! Нужны ещё века,  
но как только она будет заселена,  
ей предстоит сыграть большую роль  
в летописях мира»  
А.Н. Радищев*

Сибирская сельскохозяйственная кооперация внесла значительный вклад в развитие Зауралья, юга Тюменской области, Омской области, Алтая и северных районов нынешнего Казахстана.

В 1994 году отмечалось знаменательное событие: 100-летие Союза сибирских маслодельных артелей и 150-летие со дня рождения организатора этого кооперативного Союза и первого его руководителя Александра Николаевича Балакшина. Торжественное мероприятие проводилось в г. Кургане.

Инициатива проведения этих торжеств исходила из Канады и была поддержана в России. Выбор Кургана не случаен, именно на территории нашего Зауралья и была создана эта крупнейшая кооперативная организация в Сибири и мировой практике [1; 2; 5].

В 2000 году, опять же в Кургане, торжественно отмечалось 100-летие машиностроения в Зауралье. Эта дата была посвящена созданию первого машиностроительного предприятия в Зауралье и Сибири «чугунно-меднолитейного и механического завода инженера С.А. Балакшина» [4].

В обоих случаях виновниками торжества были известные в Зауралье и Западной Сибири предприниматели и общественные деятели – Балакшины. В обоих случаях на торжества были приглашены и приняли участие их потомки, живущие в России и Канаде.

В научно-публицистической литературе и средствах массовой информации в разное время о Балакшиных публиковалось довольно часто [2-9]. Этой теме уделяли и уделяют внимание многотиражная газета «Турбинка» завода «Кургансельмаш» и областная общественно-политическая газета «Новый мир» [9; 10].

Биографом династии Балакшиных в России следует считать Александра Сергеевича Балакшина, сына С.А. Балакшина, написавшего книгу об отце «Сергей Александрович Балакшин, 1877–1933». Из Канады в Россию были высланы воспоминания Николая Андреевича Балакшина, сына А.А. Балакшина.

Большую работу по систематизации семейного архива Балакшиных в Москве ведет Кира Константиновна Карташова внучка Сергея Александровича Балакшина, доктор архитектуры, профессор МАРХИ, член Союза архитекторов РФ и географического общества при АН РФ.

Так кто они Балакшины? Как оказались в Сибири, Зауралье, в Курганском уезде и так много сделавших для развития этого края?

В своём обращении в 2000 году к машиностроителям и читателям Зауралья потомки Балакшиных (внуки С.А. Балакшина) доктор архитектуры, профессор К.К. Карташова и доктор технических наук, профессор О.Б. Балакшин пишут: «Мы принадлежим к старинной семье Балакшиных. Наши предки прибыли в Западную Сибирь ещё в середине XVIII в. и работали здесь более двухсот лет, постоянно стремясь быть полезными своему краю. Активность

их деятельности, эстафета идей, впечатляющие, можно сказать, исторические результаты работы каждого поколения удивляют и вдохновляют нас, их потомков.



Рисунок 1 – К.К. Карташова



Рисунок 2 – О.Б. Балакшин

Профессор С.А. Балакшин, основатель первого машиностроительного завода в г. Кургане в 1900 году, наш дед. Европейски образованный специалист, окончивший Шарлотенбургский политехнический институт (Германия), он постоянно следил за технической литературой на четырех иностранных языках. Несмотря на ряд заманчивых приглашений, он вернулся в г. Курган, захудалый тогда городок, движимый идеями развития производительных сил Сибири.

По проектам А.С. Балашина на заводе производились гидротурбины и другое оборудование. Конструкции турбин были награждены у нас и за рубежом: золотая медаль на Всемирной выставке в Марселе (Франция), серебряная медаль на Всемирной выставке в Стокгольме (Швеция), золотая и серебряная медали на первой мукомольной выставке в Петербурге и большая золотая медаль на Западно-Сибирской выставке в Омске. В 1913 г. он был инициатором строительства в Кургане городской тепловой электростанции и электрификации города.

Известна его научная, педагогическая и организационная деятельность в ряде областей техники, например, связанная с расчетом холодильных машин и мукомольным делом. Он впервые обосновал в 1904 году необходимость и принципы взаимозаменяемости и стандартизации изделий машиностроения для их массового производства и др. С.А. Балакшин был организатором в 1920 году первого специального учреждения, занимающегося водными ресурсами Сибири – Бюро по исследованию и использованию водных сил Сибири (Сибисполвод). В результате выполненных исследований и проведенных в 20-х годах экспедиций была создана карта гидроэнергоресурсов основных рек Сибири и потребности в электроэнергии производства и населения, которые определили перспективные места будущих гидроэлектростанций.

Большое влияние на мировоззрение и патриотизм наших предков оказало их длительное общение с выдающимися представителями декабристов: Н.В. Басаргиным,

М.И. Муравьевым-Апостолом, И.И. Пуциным, Е.П. Оболенским, И.Д. Янушкиным, которые горячо обсуждали богатства Сибири, пути развития её производительных сил, мечтали об этом. В своих воспоминаниях декабристы отмечают положительную роль в их жизни и деятельности Н.Я. Балакшина. В школе декабристов, основанной И.Д. Якушкиным при активном участии Н.Я. Балакшина, учился его сын – А.Н. Балакшин. Именно он создал Курганский союз маслодельных артелей, реорганизованный затем в Союз сибирских маслодельных артелей, и успешно руководил его работой в России и Англии.

Организацию и работу Союза, как прогрессивной кооперативной формы деятельности крестьян поддерживали Кропоткин, Плеханов, Чайнов. В него входило до 2015 артелей с 600 тыс. хозяйств и с 3 млн. голов скота. Союз Сибирских маслодельных артелей осуществлял не только производство масла, но и его транспортировку и сбыт успешно конкурируя с производителями масла Бельгии, Дании, Англии и Канады. Экспорт сибирского масла к 1917 году достиг 2,4 млн пудов в год и давал солидный доход в казну России. Эстафету в руководстве Союзом принял со временем старший сын А.Н. Балакшина – Андрей Александрович.

В то же время работа маслодельных артелей была затруднена нехваткой сепараторов, посуды для молока, которые привозились из-за рубежа, слабой тягловой силой. Нужна была механизация труда крестьян по помолу зерна, сбиванию масла, требовалось электричество в хозяйствах. Именно это остро необходимое отечественному производителю оборудование и начал производить «Завод». Особенное значение для этого дела имели гидротурбины различной мощности, которые позволяли использовать энергию малых рек для нужд многочисленных крестьянских хозяйств.

Открытая сначала Сергеем Александровичем небольшая механическая мастерская всего с десятью рабочими (!!!) переросла затем в «Завод инженера С.А. Балакшина», который к десятилетию своего существования имел почти вертикальные графики развития. Тем не менее, хочется сравнить это «начало» с современными 25-ю машиностроительными заводами Курганской области. Соотношение этих цифр впечатляет больше всего.

Эстафета машиностроения была передана С.А. Балакшиным своему старшему сыну Борису Сергеевичу, который с 12 лет уже работал в различных мастерских завода и ко времени поступления в Томский технологический институт уже владел многими рабочими специальностями. Инженер-механик, Борис Сергеевич – активный участник создания советской станкостроительной промышленности, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, почетный доктор-инженер Дрезденского политехнического университета. Эта эстафета успешно продолжена другими детьми и следующими поколениями Балакшиных» [4].



*Времена не выбирают,  
В них живут и умирают.*

### **Балакшины в Сибири**

Все Балакшины (российские и канадские) в своих воспоминаниях отсчет начинают с Николая Яковлевича Балакшина, более ранних сведений нет.

В 1839 году в город Ялуторовск из Тюмени приехал купец Николай Яковлевич Балакшин – управляющий известного золото-промышленника и откупщика Н.Ф. Мясникова. Город ему понравился. Он находился в 339 верстах южнее губернского города Тобольска, на левом нагорном берегу Тобола и на знаменитом сибирском тракте. До проведения Великой Сибирской железной дороги его не мог миновать ни один человек, проезжавший из России в Сибирь. В нем было на тот период две каменные церкви, 557 домов, 2240 жителей. Ранее Н.Я. Балакшин проживал в Тюмени и Тобольске. Николай Яковлевич был человеком энергичным и предприимчивым. Занимался сельским хозяйством, а также кузнечным делом и мельничным – всему старался учиться.

Ялуторовск был определен местом ссылки так называемых декабристов, которые 14 декабря 1825 года в день принятия присяги новому императору Николаю I на Сенатской площади в Петербурге впервые открыто с оружием в руках выступили против существовавшего в России самодержавного крепостнического строя.

В Ялуторовске были поселены Е.П. Оболенский, И.П. Пущин, И.Д. Якушкин, М.И. Муравьев-Апостол, В.К. Тизенгаузен, Н.В. Басаргин и А.А. Ентальцев. Декабристы жили в Ялуторовске особняком. Ялуторовская интеллигенция и чиновники остерегались знакомиться с ними, так как «декабристы» были объявлены важными государственными преступниками и состояли под особым надзором полиции.

Но в Ялуторовске находились и сочувствовавшие декабристам. Был таким и Н.Я. Балакшин. Николай Яковлевич сблизился с декабристами.

Оболенский, Якушкин, Пущин даже жили в его доме, пока не находили более удобные квартиры. Знакомился он с декабристами не из простого любопытства: общаясь с ними Николай Яковлевич понял, что может многому научиться у этих особенных людей и в то же время как-то облегчить им нелегкую жизнь. Декабристы видели в Н.Я. Балакшине умного, доброго и деятельного человека и прониклись к нему уважением. В жизни декабристов он сыграл довольно значительную роль, так как, пользуясь своим положением, служил как бы посредником между декабристами и внешним миром. Он принимал активное участие в организации начальной приходской школы в Ялуторовске, созданием которой занимался декабрист И.Д. Якушкин и священник Степан Яковлевич Знаменский.

О.Н. Балакшина: «Приходское училище и «девичью-школу» И.Д. Якушкина окончили 700 человек, из них 192 девочки. Декабристы вырастили поколение молодых образованных людей,

которые стремились прежде всего преобразовать действительность»<sup>1</sup>.

### **Александр Николаевич Балакшин (1844-1921) и сельскохозяйственная кооперация**

26 декабря 1844 года в семье Николая Яковлевича Балакшина и его жены Ионафы Филипповны родился сын Александр, будущий основатель Союза сибирских маслодельных артелей, один из зачинателей и организаторов кооперативного движения в Сибири. Когда Александр достиг школьного возраста, он стал учеником приходского училища, созданного декабристами. В школе для девочек учились его сестры Ольга и Александра. С ранних лет общаясь с декабристами дома и в школе, слушая их разговоры, Александр впитывал в себя их патриотизм и заботу об общественном благе. Эти замечательные черты передавались в семье Балакшиных из поколения в поколение. По окончании Ялуторовской школы Александр Балакшин поступил в Тобольскую гимназию и окончил её с серебряной медалью. В 1860 году он уехал в Казань, поступил в Казанский университет и стал студентом естественного разряда. В 60-х годах XIX века в России увлекались естественными науками. Это было время шестидесятых годов. В воздухе в ту пору носились идеи освобождения крестьян от крепостной зависимости. Все ждали реформ.



Рисунок 3 – Студент естественного разряда второго курса Казанского университета А.Н. Балакшин. 1861 г.

Воспитанный на свободолобивых идеях декабристов, Александр Балакшин быстро сошелся с революционно настроенными кругами молодежи. Он стал участником революционно-демократического кружка, идейно и структурно связанного с обществом «Земля и воля». В годы учебы Александр неоднократно участвовал в студенческих собраниях и наряду с другими

участниками подвергался допросам в университетской следственной комиссии и Совете Казанского университета.

Студенческая молодежь требовала ухода

<sup>1</sup> Воспоминания Ольги Николаевны Балакшиной (1838-1925), опубликованные в журнале «Сибирские огни» за 1924 год. №03. Иркутск. С.178-181.

со своих должностей инспектора и попечителя Казанского учебного округа, по доносам которых подвергался репрессиям историк и публицист Афанасий Прокопьевич Шаков, выходец из народных низов Сибири, выступавший с идеей народности в государственном устройстве России и особенно Сибири, читавший лекции в Казанском университете.

На заседании Совета Казанского университета, состоявшегося 21 октября 1861 г. было принято решение «исключить А. Балакшина из университета и отдать под надзор полиции, через год принять, если поведение будет удовлетворительно».

Отбыв в Ялutorовске ссылку, Н.А. Балакшин поступил в Петербургскую военно-медицинскую академию, но проучился в ней всего один год, заболел и вернулся на родину в Ялutorовск. Вскоре он женился на дочери генерала из тюремного ведомства Елизавете Михайловне Угрюмовой и тут же уехал с ней в Ишимский уезд, где совместно с А.П. Ванюковым и Накоряковым организовали сельскохозяйственную кооперацию (коммуну) – первую в Сибири [3].

Александр Балакшину приходилось, несомненно, много раз слышать и читать слово «кооперация». Вскоре оно сделалось для него обиходным, и он приступил к изучению этой формы организации труда издавна... Он увлекся и стал изучать работы английского социалиста-утописта Роберта Оуэна, человека замечательного по своим делам и мыслям, которого народ прозвал «пророком разумного общества и апостолом кооперации».

И.А. Балакшин пришел к выводу: «Благодаря новой, высшей культуре на смену господствующему теперь капитализму зародился и быстро пробивает себе дорогу новый вид организации труда, не менее продуктивный чем капиталистический, но гораздо более культурный, справедливый и отвечающий, современной обстановке. Это новое организующее начало – кооперация!»

Итак, как уже отмечалось ранее, сразу после женитьбы А. Балакшин с женой уехал в Ишимский уезд, где они начали трудиться в созданной им с друзьями сельскохозяйственной кооперации (коммуне). В ней были обобществлены все средства. На общественном хозяйстве базировалось также потребление её членов и бытовое обслуживание. Это был сибирский прообраз знаменитой колонии «Новая Гармония», основанной в США Р. Оуэном. Но следует заметить, что дела балакшинской коммуны шли неважно и, прожив вскоре вложенные в общее дело небольшие средства, участники её разбежались и коммуна распалась, как и колония Роберта Оуэна в США.

Александр Балакшин переехал с женой Елизаветой Михайловной в Петропавловск, где начал работать на частных предприятиях. Здесь в 1874 году у них родился первый сын Андрей, а через год семья переехала в Курганский уезд, где по совету своего друга Андрея Ванюкова она обосновалась под Курганом, в селе Введенском.

В 1876 году Н.А. Балакшин совместно с

А. Ванюковым организовал кооперативное крахмало-паточное товарищество. Место это назвали Логовушкой (бывшее Старо-Сидорово).

В Курганском уезде Николай Александрович занимался самой разнообразной деятельностью: предпринимательством, научными метеорологическими наблюдениями, общественной деятельностью. В 1894 году он был избран председателем Тобольского отдела Императорского Московского общества сельского хозяйства, который располагался в г. Кургане.

Этот отдел сделал много полезного и проводил большую работу в Сибири и Зауралье в области поднятия уровня агрономической науки и агротехники в сельском хозяйстве, выполнил большую и полезную работу в области организации и совершенствовании маслоделия в регионе.

Начиная с 1895 года в Курганском уезде, а затем и по всей Западной Сибири бурно развивается маслоделие. Наличие большого количества молочного скота, хороших пастбищ и проведение железной дороги создавали хорошие условия для развития молочной отрасли.

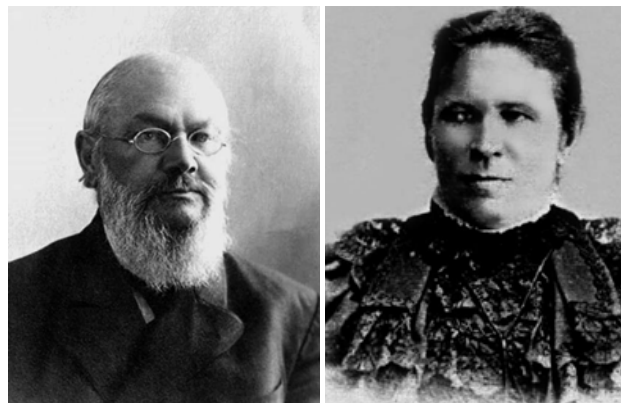


Рисунок 4 – Александр Николаевич Балакшин  
Елизавета Михайловна Балакшина

Развитие маслоделен шло по двум направлениям: открытие и развитие частных маслодельных заводов и развитие кооперативных маслодельных товариществ.

К началу XX столетия в Западной Сибири усилиями Н.В. Верещагина, В.Ф. Сокульского, Н.Л. Скалзубова начинает успешно развиваться артельное кооперативное маслоделие. А.Н. Балакшин, будучи убежденным сторонником кооперативной формы организации сельскохозяйственного производства, а также видя, как экспортеры сибирского масла, частные владельцы маслодельных заводов и торговцы обирают сибирских крестьян, присваивают основную часть прибыли, начинает активно заниматься развитием кооперативного маслоделия в Сибири, являясь руководителем Тобольского отдела Императорского Московского общества сельского хозяйства.

В январе 1902 года он подал в Министерство земледелия и государственных имуществ докладную записку с просьбой выделить необходимые денежные субсидии для развития в Сибири кооперативного маслоделия. Кроме того, с ходатайством

о целесообразности создания государственной организации по учреждению новых маслодельных крестьянских артелей обратился к правительству и Первый съезд сибирских маслоделов, который состоялся в Кургане 7 сентября 1901 года.

Министерством земледелия и государственных имуществ было принято решение о создании государственной организации по устройству в Сибири крестьянских кооперативных маслоделен и выделении кредита. Так, в 1902 году в Кургане возникла правительственная «Организация по устройству, маслодельных кооперативных товариществ», которую возглавил Александр Николаевич Балакшин. Организация развернула активную деятельность. Артельное маслоделие бурно росло, захватывая все новые и новые места. Первоначально артельные маслодельные заводы создавались на юге Западной Сибири в Курганском, Ялуторовском и граничащими с ними уездами.

Успех кооперативного маслоделия объяснялся тем, что оно было основано на более крупном капитале, лучшем оборудовании, чем большинство мелких частных заводов. Объединяя усилия мелких товаропроизводителей, кооперативные формы позволяли использовать преимущество крупного производства и сбыта. И сами крестьяне, производители молока, были более экономически и организационно заинтересованы в маслодельной кооперативной артели, чем просто сдавать молоко на частный маслодельный завод.

В 1902-1907 годах было организовано более 250 маслодельных артелей, выпускавших хорошую по качеству продукцию.

После закрытия в ноябре 1907 года Правительственной организации по устройству кооперативных товариществ встал вопрос о дальнейшей деятельности и развитии кооперативного маслоделия в Западной Сибири.

Тогда по предложению А.Н. Балакшина в конце 1907 года в Кургане образовался Союз сибирских маслодельных артелей.

Г.Я. Маляревский<sup>1</sup> в брошюре «Сведения о Союзе сибирских маслодельных артелей с диаграммами» писал: «Главным зачинщиком образования Союза сибирских маслодельных артелей и его первым директором был Александр Николаевич Балакшин. Ближайшими сотрудниками А.Н. Балакшина по устройству Союза на первых парах были его старший сын Андрей Александрович Балакшин и Александр Иосифович Грудзинский – бывший писарь Кротово-Вилковской волости Ишимского уезда Тобольской губернии»

10 ноября 1907 года в г. Кургане собрались уполномоченные 16 артельных маслодельных заводов из 273, уже существовавших тогда в Западной Сибири.

«Мне, – вспоминает А. Грудзинский, – выпала честь быть председателем на этом собрании в качестве представителя Кротово-Вилковской артели, и я, как теперь, помню маленькую ком-

натку, в которой собрались уполномоченные от 16 артелей, из которых 12 тогда же постановили образовать между собой Союз. Количеством эти смельчаки были малы, но духом крепки и верили в то дело, которое им надлежало провести в жизнь. Положенные в основу будущего Союза принципы были выработаны самим населением и положены в основу организации маслодельных артелей» [3].

Вот названия тех двенадцати артелей, которые первыми вступили в Союз сибирских маслодельных артелей: Куликовская, Памятинская, Чесноковская, Половинская, Чернавская, Смолинская, Плосковская, Песьянская первая и вторая, Кротово-Вилковская, Катайская, Чашинская.

27 ноября 1907 года Главное управление землеустройства и земледелия Министерства земледелия и государственных имуществ утвердило Устав Союза сибирских маслодельных артелей.

На втором общем собрании, состоявшемся в феврале 1908 года, присутствовали уполномоченные от 25 артелей преимущественно Курганского уезда, а через месяц в Союзе насчитывалось уже 65 артелей, в том числе были челябинские и петропавловские. Союз продолжал бурно развиваться. В 1910 году он объединял 181, в 1911 году – 218, в 1912 году – 328, в 1913 – 550, а в 1918 году уже более двух тысяч артелей [3].

Да, она – чисто крестьянская кооперативная организация, образовавшаяся в г. Кургане 10 ноября 1907 года, уже через 10 лет объединила свыше 2500 кооперативов – тысячи артельных заводов и лавок, сотни тысяч артельщиков, живущих в пределах семи губерний и областей на пространстве, в полтора раза превышающих Германскую империю. Союз сибирских маслодельных артелей стал, как отмечал его экономическо-статистический отдел одной из самых крупных кооперативных организаций не только в России, но и в мире [1; 4; 5].

К 1913 году Союз имел 11 отделений: в Кургане, Петропавловске, Челябинске, Барнауле, Новониколаевск (Новосибирске), Бийске, Троицке. В каждом отделении имелась своя контора со штатом служащих. В 1910 году Союз открыл первую заграничную контору в Берлине, в 1913 году – в Лондоне.



Рисунок 5 – Здание Союза сибирских маслодельных артелей в г. Кургане на Троицкой улице (ныне ул. Куйбышева). В 1944-1969 г.г. в здании размещался зоотехнический факультет Курганского сельскохозяйственного института. В наши дни здесь размещился торговый центр

<sup>1</sup> Г.Я. Маляревский – заведующий экономическо-статистическим отделом Союза сибирских маслодельных артелей.



Экспорт сибирского масла к 1917 году достиг 2,4 млн. пудов в год. В результате такого значительного экспорта масла государство получало большие доходы, чем давали все золотые прииски нашей страны вместе взятые. Историческое здание, где располагалось правление Союза сохранилось до наших дней. Двухэтажный каменный особняк с большими стрельчатыми окнами.

В 1913 году в России было произведено 129 тыс. тонн масла и вывезено на заграничный рынок 78 тысяч тонн или 63%, в том числе из Сибири 72,8 тысяч тонн [8].

Ещё в 1906 году в мировом экспорте масла Россия заняла второе место после Дании и перед Первой мировой войной поставляла почти четвертную часть продаваемого за рубежом мирового масла. Исключительно большая роль в этом деле принадлежала Сибири. В этом легко убедиться из следующей таблицы [8].

Таблица 1

Вывоз масла (тыс. удов)	1901- 1905 гг.	В %	1906- 1910	В %	1911- 1913	В %
Из России,						
в том	2326	100	3387	100	4631	100
числе из	1612	69,3	3131	91,9	4113	88,8
Сибири						

Однако экспорт масла за границу осложнялся для Союза необходимостью реализовывать масло через иностранные фирмы, что наносило значительный ущерб артелям-производителям масла. Поэтому в 1913 году по инициативе А.Н. Балакшина в Лондоне был организован Союз сибирских кооперативных товариществ «Юнион», основными членами которого стали Союз сибирских маслодельных артелей и английская фирма Лонсдейль. Председателем «Юниона» избрали А.Н. Балакшина. Вскоре «Юнион» уже развернул большую и плодотворную работу во многих странах мира. Александр Николаевич Балакшин в августе 1913 года переехал в Лондон.

После отъезда А.Н. Балакшина в Лондон руководство Союзом сибирских маслодельных артелей перешло к его старшему сыну Андрею Александровичу Балакшину. После Февральской революции 1917 года правление Союза переезжает из Кургана в Омск.

В 1916 году, удалившись от дел, Александр Николаевич писал: «Я был только скромным сеятелем, и мне уже не дожить до того светлого дня, когда могучее кооперативное движение объединит всё сельское население Сибири и перестроит всю деревенскую жизнь на новых началах. Я твердо верю в скорое наступление этого дня и наперед его благословляю».

Да, А.Н. Балакшин твердо верил в сельскохозяйственную кооперацию, её большие возможности и полезность.

Вместе с Александром Николаевичем жила в Англии и его жена Елизавета Михайловна Балакшина, образованная, энергичная, с волевым характером женщина. Она вместе с мужем

делила все тяготы жизни, в частности, работала на крахмало-паточном заводе мастером по варке патоки и приёмщиком картофеля. Находясь в Англии, Елизавета Михайловна интересовалась жизнью страны, её обычаями, Балакшины побывали в различных городах Англии, знакомились с музеями, картинными галереями, памятниками архитектуры. Жизнь Елизаветы Михайловны в Англии облегчалась знанием французского языка, которым она владела в совершенстве. Но долго жить на чужбине Елизавета Михайловна не могла. Она очень была привязана к детям, очень скучала по Родине и стремилась вернуться туда при любой возможности. Она считала, что в России она будет полезней и нужнее. Когда случилась в России в 1917 году революция, она с большими трудностями через северную Норвегию, в Европе шла война с Германией, вернулась обратно в Сибирь к своему зятю Константину Андреевичу Ванюкову, который работал агрономом в Купино (это в Западной Сибири, близ Славгорода). Елизавета Михайловна жила в Купино с дочерью Марией. Когда её зятя перевели весной на опытное поле, расположенное около Омска, она тоже последовала за ними. Здесь в 1919 году она встретила со своим старшим сыном Андреем и перешла жить к нему.

После отъезда жены А.Н. Балакшин жил в Англии один. Он скончался в 1921 году в возрасте 77 лет и был похоронен на Хайгейтском кладбище в Лондоне.



Рисунок 6 — Фотография, сделанная в г. Кургане в августе 1913 г. А.Н. Балакшин и Е.М. Балакшина уезжали в Англию, и члены семьи собрались, чтобы отметить это событие. А.Н. Балакшин не смог присутствовать здесь

Зная о тех больших достижениях сельскохозяйственной кооперации в Сибири в конце XIX и начале XX столетий, невольно возникает вопрос: почему кооперативное маслоделие и сыроделие, возникшее в европейской части России благодаря усилиям и трудам Н.В. Верещагина, в конце XIX в. стало затухать и практически исчезло, а в Сибири активно развивалось до 1919 года? Этот вопрос актуален и сегодня. Опыт и деятельность Союза сибирских маслодельных артелей может быть полезным для развития экономики Зауралья, да и России в целом и в новых экономических усло-

виях. Ведь работает успешно и сегодня сельскохозяйственная кооперация в Канаде, Швейцарии, Австрии, Швеции и других странах мира. А что Россия? Забыла опыт предыдущих поколений? Здесь есть место для раздумий и практических действий, особо для эко номической сельскохозяйственной науки.

### **Андрей Александрович Балакшин (1874-1956)**

Жизнь и деятельность А.А. Балакшина подробно представлена в [1; 9]. В настоящем очерке остановимся в основном на его деятельности в качестве руководителя правления Союза сибирских маслодельных артелей и его опытнической работой по совершенствованию агротехники земледелия в Зауралье.

Андрей Балакшин родился 6 января 1874 года в Западной Сибири, в г. Петропавловске и был старшим сыном Александра Николаевича и Елизаветы Михайловны Балакшиных.

Детство и юность Андрея Балакшина прошли в д. Логовушке Курганского уезда. Обучением детей у Балакшиных занимались частные учителя. Когда Андрей подрос и получил дома необходимую подготовку и образование, в объёме программы уездного училища, родители направили его для обучения сельскохозяйственным наукам в Казань, в сельскохозяйственную школу.

Закончив обучение в Казани, Андрей возвращается домой и помогает отцу в его делах в хозяйстве.

В 1899 году он женится на Марии Васильевне Харламовой, младшей дочери известного курганского купца Василия Трофимовича Харламова, который со своими сыновьями торговал оптом и в розницу мануфактурой, оружием и прочими товарами. Вскоре после свадьбы молодые уехали в Германию, где Андрей изучал разные способы варения патоки.

После возвращения из Германии на родину А. Балакшин много и серьезно занимается совершенствованием системы земледелия в Зауралье. Как известно, Южное Зауралье находится в относительно засушливой зоне, так называемой зоне рискованного земледелия. Каковы же были урожаи в начале XX века в мире и в России?

В Курганской «Народной газете» за 1911 год Андрей Балакшин приводит данные урожайности хлебов для разных стран. Вот эти данные. С одной десятины собирали на круг: в Бельгии – 153 пуда, Голландии – 145, Англии – 144, Германии – 126, Швеции – 109, Франции – 90, Японии – 71, а в России – 46 пудов.

Андрей Александрович настойчиво ищет пути повышения урожайности, улучшения культуры земледелия. Так, в статье «О современной обработке паровых полей», опубликованной в «Народной газете», говорится: «Кроме удобрения и возможно глубокой и хорошей вспашки для всех хозяев засушливых мест играет главную роль возмозное большее накопление влаги и уничтожение сорных трав. Суть нового способа состоит в возмозно лучшем сохранении осенней, зимней, весенней влаги. Цель эта достигается возмозно глубокой вспашкой с сейчас же следующим за плугом

прокатыванием тяжелыми игольчатыми катками и боронованием за катками, а затем частым повторением боронования верхнего слоя пахоты, т.е. содержанием этого слоя в рыхлом состоянии до времени посева, но отнюдь не вторичной вспашкой паров и подсушиванием этого пахотного слоя» [3].



*Рисунок 7 – Андрей Александрович Балакшин и Мария Васильевна (ур. Харламова) с дочерью*

А вот ещё одна статья Андрея Балакшина, опубликованная в той же «Народной газете». Она называется «Попробуйте боронить всходы».

«Много раз, – говорится в ней, – писалось о том, как передовые хозяева для получения лучших урожаев готовят пары, как сеют, какие употребляют семена и как ухаживают за посевами. Мы опять имеем нынче сухую весну с сильными ветрами, выдувающими из земли влагу и тем затрудняющими рост хлебов. Сев теперь в самом разгаре, и земледелец, бросая семена в землю, опять с надеждой и тревогой смотрит на небо и ждет благодатного дождя...

...Но вот, наконец, хлеб взошел. Обыкновенно в Сибири его боятся трогать и ограничиваются пропалыванием сорных трав. Однако передовые хозяева находят это недостаточным. Теперь они считают необходимым поддерживать верхний слой земли в рыхлом состоянии и во время роста хлеба, чтобы предотвратить, с одной стороны, высыхание почвы и, с другой – дать воздуху доступ к корням. При этих условиях рост хлеба совершается безостановочно, и урожай получается значительно больший. Всякое затвердевание земли сверху и образование на ней плотной корки крайне вредно отзывается на хлебах, которые тотчас заветриваются, хиреют, желтеют, останавливаются в своём росте. Образование корки происходит от оседания и склеивания земли после дождя (особенно на глинистых почвах), а также от слеживания. Разрушить корку и восстановить рыхлый слой на всходах хлеба необходимо своевременным боронованием. Ничего опасного в бороновании нет. Я в прошлом году приступил к боронованию всходов с некоторым трепетом, но поборонив весной и увидев, как они после этого поправились и пошли в рост, я более смело начал

боронить всходы яровых. Эта бороньба всходов пшеницы и овса оказала на них очень хорошее действие, и урожай их был прекрасный как зерном, так и соломой. Не бойтесь и Вы, читатели – бороните Ваши Всходы!» [3].

С целью увеличения влаги в пахотной земле при таянии снега весной Андрей Балакшин применял пахоту снега зимой.

«Немало смеху было у мужиков, когда я принялся прошлой зимой пахать снег, – вспоминает Андрей Александрович в 1911 году. Многие, вероятно думали, что у меня что-нибудь неладно с головой, поэтому и занялся таким делом.

На самом деле пахота снега имеет громадное значение в степных местах в смысле увеличения толщины снежного покрова, а значит, и увеличения количества влаги на поле. Пахота снега состоит в проведении в снегу борозд на расстоянии около трёх сажень друг от друга. Для проведения борозд я сделал особый «снежный плуг», сбитый из плаха и досок. При первой же метели все проведенные борозды заравниваются. Тогда снова проезжают плугом. Метель снова наносит снегу и так далее. Пройдя прошлой зимой мне удалось таким способом поднять толщину снежного покрова в полтора раза»...



Рисунок 8 – Николай Андреевич Балакшин



Рисунок 9 – Канадские правнуки и правнучка знаменитого курганского землевладельца и кооператора А.Н. Балакшина. Слева направо: Саша, Миша, Вася (Билл), Елизавета. Канада. 1991 г.

В 1920 году, в силу сложившихся обстоятельств, А.А. Балакшин вместе с семьей и матерью Елизаветой Михайловной перебрались в Китай, а в 1925 году они все через Японию выехали в Канаду, которая стала их второй родиной. Здесь Александр Андреевич в непростых

условиях основал фермерское хозяйство молочно-куриного направления. Ферма находилась в Британской Колумбии около города Чилливака. Она носила название «Новая Сибирь».

После смерти в 1956 году семейная ферма Балакшиных перешла в управление Николая Андреевича Балакшина, сына А.А. Балакшина. После него ферма Н.А. Балакшина переходит к его сыну Василию Балакшину. Дети Андрея Александровича Балакшина (Наталья, Николай, Ирина, Анна) вырастили в Канаде довольно многочисленное поколение русских-американцев

#### **Сергей Александрович Балакшин (1877-1933)**

Наличие в Западной Сибири большого количества мельниц, маслодельных, салотопенных и других перерабатывающих предприятий требовало большого количества самого разнообразного оборудования, механизмов, посуды. Необходимое оборудование для бурно развивающейся перерабатывающей отрасли завозилось в Сибирь из-за границы или Европейской части России. Необходимо было создавать собственное машиностроение в Сибири.

Организатором машиностроения и создателем первого машиностроительного завода в Зауралье и Сибири стал младший сын Александра Николаевича Балакшина – Сергей Александрович Балакшин.

Сережа рос любознательным мальчиком и с ранних лет интересовался техникой: соорудил на ручьях водяные мельницы, применяя в качестве двигателя деревянные или жестяные колеса с лопастями замысловатой формы, изучал их вращение. Он любил быть на мельнице, где часами следил за работой механизмов или вел беседы с мельником. Он любил мастерить, несложными инструментами делал детали механизмов и добивался, чтобы они работали. Много времени Сережа проводил на берегу реки, наблюдал, как течет вода. Может быть, уже тогда в голову мальчугана приходила мысль о том, как использовать энергию воды.

Читать Сережа научился дома, азы школьных знаний преподали ему родители. Мужской гимназии и реального училища в Кургане не было. Поэтому к Сергею и его брату был приглашен учитель, который подготовил их в объеме курса уездного училища. Экзамены по программе училища мальчики сдали хорошо.

В 1892 году, учитывая любовь Сергея к технике, родители направили его учиться в Омское техническое училище. В то время еще не было железной дороги, соединяющей Курган с Омском, и Сережа с матерью добиралась до Омска на почтовых лошадях по Сибирскому тракту. В Омске Елизавета Михайловна устроила Сергея жить на частной квартире. Позднее она вспоминала: «Сережу приняли в техническое училище. Учащиеся продвинулись по физике и другим предметам далеко вперед, и Сергею пришлось их догонять. Кроме того, приходилось по 4 часа в день работать в мастерских: столярной, слесарной и литейной. Особенно трудно было в литейной, где было очень жарко. Подбор учителей в училище



оказался хороший. Директор Панов был строгий и требовательный человек. Он наладил дисциплину в училище. По вечерам он заходил в мастерские и наблюдал за работами. Сережа всегда отличался прилежанием. Занимался немецким языком и увлекался фотографией».

Отец, наблюдая, с каким вниманием изучает Сергей технику, решил, что из него выйдет хороший специалист и ему необходимо получить высшее образование, а потому настоял на том, чтобы Сергей поехал учиться в Германию. В 1895 году Сергей Балакшин окончил Омское техническое училище и поступил в Шарлоттенбургский политехнический институт. В Берлине Сергей не чувствовал себя недоучкой. У него была хорошая теоретическая и практическая подготовка, кроме того, юноша неплохо владел немецким языком. Все это позволило ему успешно учиться в институте под руководством опытных профессоров.

В конце 1899 года С.А. Балакшин оканчивает Шарлоттенбургский политехнический институт, получает диплом инженера-механика и возвращается на Родину. По возвращении из Германии он получил ряд заманчивых предложений. Но он уезжает в родной край, в Сибирь, чтобы начать нелегкий путь первопроходца в производстве водяных турбин и сельскохозяйственного оборудования. Главной задачей своей жизни он видел в создании и развитии машиностроения в Сибири [2, 3].

Летом 1899 года Сергей Балакшин женится на Елене Ванюковой, дочери друга и компаньона своего отца А.П. Ванюкова.

Итак, в 1899 году С.А. Балакшин приехал к родителям в д. Логовушка Курганского уезда. Перед молодым инженером открылось широкое поле деятельности. Энтузиаст создания промышленности в Сибири горел желанием скорей применить свои знания на практике. Тщательно обсудив намеченные планы с отцом А.Н. Балакшиным и тестем А.П. Ванюковым, Сергей Александрович вступил в товарищество «Балакшин, Ванюков и Ко» и приступил к организации в Логовушке механической мастерской. При этом он понимал, что столкнется со многими трудностями: недостатком средств, квалифицированных рабочих и оборудования, острой конкуренцией с иностранными фирмами, но молодой инженер смело пошел по намеченному пути.



Рисунок 10 – Инженер С.А. Балакшин, 1899 г.; Елена Андреевна Балакшина (ур. Ванюкова)

Возглавляемая С.А. Балакшиным механическая мастерская в Логовушке, в 20 км от Кургана, открылась уже в середине 1900 года. В старых саманных и деревянных зданиях общей площадью порядка 150-200 м<sup>2</sup> разместили оборудование: три полуизношенных токарных станка, кузнечный горн, литейную с небольшой вагранкой и бондарное отделение. Для вращения станков применяли паровую машину крахмало-паточного завода, а так как он действовал только осенью, мастерская пользовалась в основном конным приводом. В мастерской работало 15 человек, включая технического руководителя С.А. Балакшина. Быстро удалось наладить изготовление оборудования для маслодельных заводов: ручных и приводных маслобоек, конных приводов, отжимных столов, пастеризаторов с непосредственной топкой, молоковесов, фляг и других изделий. Выпускаемое мастерской оборудование было хорошо сконструировано и отличалось неплохим качеством. Оно быстро завоевало признание и популярность не только в Курганском уезде, но и далеко за его пределами, тем более что предприятие такого профиля было единственным на всю Сибирь.

Но удаленность мастерской от Кургана создавала большие трудности при доставке материалов и отправке готовой продукции. Мешала она и налаживанию связи с заказчиками и покупателями. Все это побудило С.А. Балакшина перенести мастерскую из Логовушки в Курган.



Рисунок 11 – Крахмало-паточный завод и механическая мастерская в Логовушке Курганского уезда, 1900 г.

На окраине Кургана был участок земли, на котором располагались дом и хозяйственные постройки, принадлежащие А.П. Ванюкову. Часть участка тесть уступил С.А. Балакшину, который разместил здесь несколько построек, перевезенных из Логовушки. В этих строениях были оборудованы первые службы будущего завода и прежде всего механический цех. В нем был установлен вертикальный котел, снабжающий паром паровую машину мощностью в 4 л.с., которая приводила в движение три весьма изношенных токарных станка. В этом же цехе находились два сверлильных станка и 10 слесарных мест, а также лудильное отделение. Вскоре был построен склад для хранения материалов. Контора, в которой днем С.А. Балакшин работал и принимал посетителей, вечером превращалась в конструкторское бюро. Тут же его жена Елена Андреевна занималась бух-

галтерией и перепиской с заказчиками. Коллектив сотрудников завода составляли 25 рабочих и три представителя администрации (С.А. Балакшин, его жена и Федор Вотяков).

В те времена в Кургане не было инженеров и техников, которые могли бы работать на заводе в качестве конструкторов. Неудивительно, что С.А. Балакшин сам конструировал все изделия, выпускаемые заводом, приспособления и инструменты для обработки деталей. Это была интересная работа, но она требовала много сил, времени и энергии. Рабочих на завод Сергей Александрович набирал из мастеровых (кузнецы, слесари по ремонту сельскохозяйственного инвентаря), городской молодежи и пригородных крестьян. Обучая их разным профессиям, он подготовил большое количество квалифицированных рабочих.

На организацию Курганского машиностроительного завода ушло около трех лет. 1 января 1904 года «Чугуно-меднолитейный и механический завод инженера С.А. Балакшина» приступил к работе и выпускал вначале оборудование для маслодельных предприятий. Но С.А. Балакшин постоянно думал об организации производства гидротурбин. В то время в России изготовлением гидротурбин практически не занимались.

Сергей Александрович пытался привлечь к конструированию гидротурбин специалистов, но его попытка не увенчалась успехом. Тогда он решил разработать конструкцию турбины самостоятельно. Трудностей на этом пути было много. В 1904 году С.А. Балакшину представился случай поработать с заграничной гидротурбиной фирмы «Эрлангер». Она была куплена для мельницы К.М. Дунаева (под Курганом) и Сергею Балакшину предложили установить ее и пустить в ход.

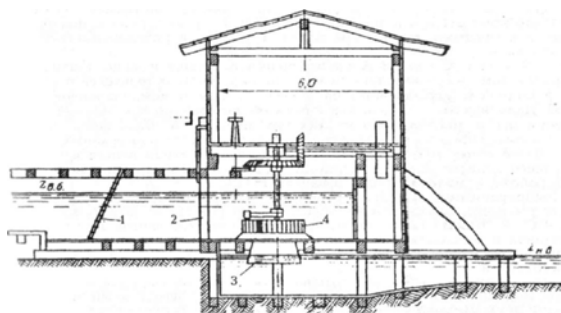


Рисунок 12 – Гидротурбина и схема расположения ее на мельнице: 1 – сороудерживающая решетка; 2 – паз затвора; 3 – отсасывающая труба; 4 – гидротурбина

В 1905 году на Курганском заводе по чертежам С.А. Балакшина была изготовлена первая в Сибири гидротурбина радиально-осевого типа. Ее назвали «Богатырь-быстроход». Этому событию радовались все заводчане: и инженер-конструктор С. Балакшин, и рабочие, чьими руками воплотили в практику его мечту. Все с нетерпением ждали испытаний на мельнице в Кокчетавском уезде (Казахстан). Испытания прошли успешно: турбина Балакшина показала высокий коэффициент полезного действия и надежность в работе. Турбины

Курганского завода быстро нашли признание, и с этого времени началось их победное шествие по Сибири, Уралу, Поволжью, Средней Азии и Кавказу. Десятки и сотни мельниц были оснащены этими гидротурбинами. Турбины С.А. Балакшина нашли признание и на международных выставках в Марселе и Стокгольме.



Рисунок 13 – Отправка в Казахстан гидротурбины. 1905 г.

Было решено продемонстрировать курганские гидротурбины на ряде выставок, причем не только в России, но и за рубежом. При этом С.А. Балакшин полагал, что критические замечания экспертов выставок и различных специалистов помогут заводу улучшить качество гидротурбин, а демонстрация их на выставках привлечет новых заказчиков.

Выставочные образцы готовились с особой тщательностью. Они были хорошо отлажены и имели весьма привлекательный вид. Каждая из двух посылаемых на выставку турбин была снабжена подробным описанием и имела отзывы заказчиков. Экспонаты были аккуратно упакованы и опрарвлены в 1908 году по железной дороге: одна гидротурбина в Марсель (Франция) на Всемирную выставку по применению электричества, вторая – на Всемирную выставку в Стокгольм (Швеция). Отправив свои детища за границу, Сергей Александрович не находил себе места, волновался. И было из-за чего: русские гидротурбины экспонировались на международных выставках впервые. И вот наконец из Марселя пришло сообщение – гидротурбине конструкции С.А. Балакшина присужден приз «Гран-при» и золотая медаль. Спустя некоторое время пришло сообщение из Швеции: гидротурбина Курганского завода получила на Всемирной выставке серебряную медаль.

Эта была награда талантливому конструктору инженеру С.А. Балакшину и его квалифицированным рабочим, большинство которых были его учениками.

Итак, курганские гидротурбины завоевали мировое признание. Однако талантливый инженер не успокоился, на достигнутом. Его гидротурбины систематически совершенствовались, причем качество их изготовления было неизменно на высоком уровне.

Гидротурбины и другие изделия завода получали награды и на отечественных выставках. Так на первой Всероссийской мукомольной выставке (Петербург) в 1909 году заводу Балакшина при-



суждена золотая и серебряная медали. Большая золотая медаль была вручена Курганскому турбиностроительному заводу в 1911 г. на Западно-Сибирской выставке (Омск).



Рисунок 14 – Золотая медаль, присужденная С.А. Балакшину на Всемирной выставке в Марселе (Франция) в 1908 г. за конструкцию гидротурбины



Рисунок 15 – Серебряная медаль, полученная С.А. Балакшиным на Всемирной выставке в Стокгольме (Швеция) в 1908 г. за конструкцию гидротурбины

Кроме турбин завод выпускал оборудование для маслодельных заводов, шкивы чугунные для ременной и канатной передач, подъемные винты для ставней и т.д.

В предисловии к преискуранту своего завода в 1914 году А.С. Балакшин писал «Работая уже несколько лет специально по постройке турбин и мельниц и оглядываясь назад, я не могу не испытывать чувства глубокого удовлетворения. Скептическое отношение к выпускаемым мною турбинам и принадлежностям мельниц в первые годы работы моего завода сменилось вполне справедливым признанием хороших качеств изделий и всё возрастающий спрос на изделия, который я с трудом могу удовлетворить, несмотря на постоянное увеличение производства, лучше всего показывает, что всегда добросовестное отношение моего завода к делу достойно оценено заказчиками».

В ноябре 1919 года С.А. Балакшин выехал с семьей в Томск. Покидая Курган, Сергей Александрович рассчитался с рабочими и передал ключи от действующего завода рабочему комитету. Работая в Томске он не порывал связей с заводом в Кургане.

В первые десятилетия Советской власти завод продолжал выпуск водяных турбин. Их использование в народном хозяйстве страны способствовало выполнению плана ГОЭРЛО. Турбины поставлялись не только в Сибирь, на Урал и в Казахстан, но и на Кавказ и Кубань. Большое количество курганских турбин предназначалось для электрификации сельской местности. Например,

в селе Звериноголовском в 1925 году была построена первая в Зауралье сельская гидроэлектростанция. Она снабжала электроэнергией девять населенных пунктов, обеспечивала работу 23 двигателей суммарной мощностью 180 кВт и давала ток для освещения 5000 лампочек. Работая в Томске, Сергей Александрович в 1925-31 г.г. не раз выполнял задания Курганского завода по разработке конструкций новых типов турбин, проводил технические консультации, выступал в защиту интересов завода в судебных и прочих инстанциях.

В 1931 году было принято решение о нецелесообразности дальнейшего производства гидравлических турбин на Курганском заводе и он был перепрофилирован на производство сельскохозяйственных машин [4].

С.А. Балакшин, занимаясь с 1905 г. вопросами гидротурбиностроения и связанного с ним использования водной энергии отдельных рек, одновременно интересовался возможностью более широкого применения дешевой водной энергии рек Сибири, считая её основой электроснабжения будущей сибирской промышленности. Он внимательно изучал все работы, касающиеся этой области. Спустя месяц после установления в Томске Советской власти, Сергей Александрович приступил к реализации идеи освоения энергии «белого угля» рек Сибири в интересах народного хозяйства.

С.А. Балакшин создал инициативную группу, в состав которой вошли профессор В.Н. Пинегин, инженеры М.А. Великанов, В.Н. Орлов, Г.Т. Поварнин. Эта группа подготовила и в начале января 1920 г. подала в Совет народного хозяйства Томского губисполкома докладную записку, в которой предлагалось открыть специальный отдел по исследованию и использованию энергии рек для нужд электрификации.

Предложение было принято. Но было решено организовать специальное учреждение, которое должно заниматься водными ресурсами всей Сибири, - Бюро по исследованию и использованию водных сил Сибири (Сибисполвод). Оно подчинялось Сибирскому комитету государственных сооружений. Его руководителем был назначен инженер С.А. Балакшин.

Сибисполвод организовал экспедиции для обследования малых горных рек (Алтай, Саяны, и др.) Энергетические же возможности больших рек Сибири (Обь, Енисей, Амур, Лена) определяли в основном по материалам и данным научной и технической литературы.

За время своего существования (1920-1923 г.г.) Сибисполвод проделал большую работу в области изучения природных богатств Сибири; впервые сформулировал многие важные положения развития гидроэнергетики этого края; составил первый Кадастр водных сил Сибири; определил места постройки многих гидроэлектростанций; внес значительный вклад в работу ГОЭРЛО по разработке плана электрификации Западной Сибири.

Труды С.А. Балакшина «Запасы водных сил Сибири» и «Вопросы энергетики Сибири», опу-



бликованные в нашей стране и за рубежом, были доложены на Первой мировой энергетической конференции в Берлине (1930 г.).

Интересен вывод Сергея Александровича о потенциале гидроресурсов Сибири. На основе анализа имеющихся отечественной и иностранной литературы, проведения научно-технических расчетов по определению гидропотенциала сибирских рек ученый провел сравнение гидроресурсов Сибири с гидроресурсами других стран. С.А. Балакшин считал, что к 1922 г. потенциал гидроресурсов Сибири равен примерно 38 млн. кВт. В то время в США он составлял примерно 20 млн. кВт, т.е. почти в 2 раза меньше. Однако там его использовали на 16,8%, т.е. 3,33 млн. кВт, а в Сибири всего на 0,18%, т.е. 67840 кВт – в 50 раз меньше, чем в США.

В 1921 году ректор Томского технологического института (в 1926 г. переименован в Сибирский технологический институт, а в 1934 году – в Томский политехнический институт им. С.М. Кирова) профессор Н.В. Гутковский, учитывая многолетнюю деятельность С.А. Балакшина в области гидротурбиностроения, предложил ему стать руководителем студентов дипломников, занимающихся проектированием гидросиловых установок. Приступив к новой работе, Сергей Александрович предложил для дипломных проектов такие темы, которые имели бы практическую ценность для дальнейшей инженерной деятельности выпускника. Студенты быстро полюбили нового преподавателя; приобрел он авторитет и среди своих коллег. В 1926 году С.А. Балакшин был утвержден доцентом. Ему было поручено чтение курса «Гидравлические установки». Лекции ученого пользовались заслуженным успехом: в них содержалось много ценных сведений и материалов, накопленных С.А. Балакшиным за долгие годы практической работы в области гидротурбиностроения. Спустя много лет газета «Красное знамя» в статье «У истоков сибирской гидроэнергетики» писала: «Тринадцать лет С.А. Балакшин принимал непосредственное участие в подготовке в гор. Томске новой советской интеллигенции, передавая молодым свои знания, навыки и любовь к Родине».

Одновременно с чтением лекций и руководством дипломным проектированием С.А. Балакшин ведет научно-исследовательскую работу. Систематически читая иностранные технические журналы, Сергей Александрович был всегда в курсе новостей мировой техники. Владея в совершенстве немецким языком, С.А. Балакшин начинает изучать английский язык и добивается неплохих результатов.

По роду своей деятельности С.А. Балакшин в течение многих лет был тесно связан с мельницами. Он выступил с предложением об организации при Томском технологическом институте кафедры мукомольного дела с лабораторией и опытной мельницей. Кафедра такая была создана и её возглавил С.А. Балакшин. С 1931 года он стал профессором этой кафедры.

Результаты теоретических и эксперименталь-

ных исследований в области мукомольного дела С.А. Балакшин изложил в ряде научных работ. Особый интерес представляет его учебное пособие «Электрификация мельниц», предназначенная для студентов и инженерно-технические работников. Книга отразила богатый опыт ученого в области энергетики и явилась продолжением его работ в сфере мукомольного производства.

Сергея Александровича характеризовала высокая личная организация труда. Его рабочий день имел строгий распорядок. В его кабинете на видном месте висело изречение:

«Деньги потерять – немного потерять,  
Честь потерять – много потерять,  
Дух потерять – все потерять».

Этому изречению С.А. Балакшин был верен всю свою жизнь.

На всех этапах своего жизненного пути Сергей Александрович Балакшин занимал активную позицию в тех общественных процессах, которые происходили в стране и в обществе. Общественная деятельность его достаточно многогранна.

В студенческие годы он, как и ближайшие его сверстники, был увлечен революционными настроениями. Во время учебы в Германии он был связан с социал-демократическими группами русских эмигрантов.

Брат его жены Елены Андреевны Константин Андреевич Ванюков в 1901 году привез нелегально из Германии в Курган первые номера газеты «Искра».

19 октября 1905 г. С.А. Балакшин с женой участвовал в революционной демонстрации в Кургане, после чего был вызван в полицию на допрос. Как член Курганского отделения Московского сельскохозяйственного общества он присутствовал на экстренном заседании, посвященном обсуждению действия властей, разогнавших демонстрацию, и подготовке текста телеграммы протеста министру внутренних дел Витте.

В 1905 году С.А. Балакшина избрали гласным Курганской городской Думы. Спустя некоторое время он внес на рассмотрение Думы проект строительства в Кургане тепловой электростанции. Предложение С.А. Балакшина после длительных дискуссий было принято. В 1913 году он был избран председателем подготовительной комиссии по этому вопросу, а на следующий год в Кургане была пущена электростанция и город получил электрическое освещение одним из первых в Сибири.

Сергей Александрович выступил в городской Думе с предложением открыть в Кургане мужскую гимназию. В то время в городе имелась только женская гимназия, а мальчики учились в гимназиях и реальных училищах Челябинска, Екатеринбурга или Тюмени. С.А. Балакшин вошёл в комиссию по строительству мужской гимназии и уже в 1911 году мужская гимназия функционировала. Её директором был назначен опытный педагог Л.П. Дирдовский.

Понимая значения физического развития человека, С.А. Балакшин в 1910 году организовал в Кургане спортивное общество. Оно быстро за-

воевало большую популярность среди городского населения, особенно у молодежи. Увлечение спортом, считал С.А. Балакшин, отвлекало молодых людей от таких пороков, как пьянство и хулиганство и способствовало укреплению здоровья.



Рисунок 16 – С.А. Балакшин и Е.А. Балакшина (слева) в лаборатории Томского технологического института 1930-е гг.

С первых дней установления в Томске Советской власти Сергей Александрович активно включился в общественную жизнь города. Он много раз выступал с докладами на научных съездах и конференциях, публиковал статьи по различным вопросам гидроэнергетики и мукомольного дела. Так, в 1926 г. он участвовал в работе Первого сибирского краевого научно-исследовательского съезда в Новосибирске. Ученый выступил на съезде с докладом «Белый уголь Сибири и возможности его использования». В 1927 г. С.А. Балакшина пригласили участвовать в подготовке Сибирской советской энциклопедии. Работая редактором раздела «Энергетические ресурсы и электростроительство», он написал ряд статей для этой энциклопедии.

Несколько слов уместно сказать о семье Сергея Александровича. Его жена, друг и помощник Елена Андреевна Балакшина (урожденная Ванюкова, 1877-1932) окончила Пермскую женскую гимназию, много работала, занимаясь самообразованием. Она изучила немецкий язык, знание которого усовершенствовала, живя с мужем в Германии. Будучи умной, доброй женщиной она всегда поддерживала мужа и своим мягким характером сглаживала его некоторую вспыльчивость. Елена Андреевна помогала мужу во всех его начинаниях. Человек высокой культуры, чуткая, доброжелательская, мягкая и отзывчивая, Е.А. Балакшина пользовалась всеобщим уважением и любовью. Она и муж вырастили четверых детей, воспитали их, дав им всем высшее образование и сделав их полезными гражданами нашей страны. Елена Андреевна Балакшина умерла в возрасте 55 лет от сердечного приступа.

Напряженный, повседневный и многолетний труд С.А. Балакшина не мог не сказаться на его здоровье. 23 июня 1933 г. в возрасте 56 лет профессор С.А. Балакшин скоропостижно скончался. На другой день томская областная газета «Красное знамя» поместила некролог, посвященный памяти Сергея Александровича.

Сергей Александрович Балакшин про-

жил весьма интересную, насыщенную событиями жизнь. Он сделал много полезного для нашей Родины, которую любил беспредельно. Его многогранная деятельность может служить примером для подрастающего поколения. С.А. Балакшин, коренной сибиряк, уроженец Курганского уезда посвятил свою жизнь развитию Сибири.

#### **Балакшин Борис Сергеевич (1900-1974)**

Выдающийся ученый в области технологии машиностроения, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, лауреат Ленинской премии, доктор технических наук, профессор.

Борис Сергеевич Балакшин родился 29 августа 1900 года в г. Кургане в семье русского инженера машиностроителя С.А. Балакшина.

Борис учился в Курганской мужской гимназии, был отличником, переходил из класса в класс с наградами первой степени. Вместе с ним в одном классе учились будущий писатель лауреат Государственной премии РСФСР имени А.М. Горького Алексей Югов и будущий патофизиолог и радиобиолог, академик Академии медицинских наук СССР, лауреат Ленинской и Государственной премий СССР Петр Горизонтов.

Начало трудовой деятельности и получение первых трудовых навыков связано с Курганским турбиностроительным заводом. Именно здесь он получил хорошее представление о многих машиностроительных рабочих профессиях, поработав в литейном, механическом и сборочном цехах.



Рисунок 17 – Борис Сергеевич Балакшин (1900-1974)

В 19 лет Борис Балакшин поступил в Томский технологический институт, который закончил в 1924 году. После окончания института работал на руководящих инженерных должностях машиностроительных заводов Урала, а затем Самары и Нижнего Новгорода.

С 1930 по 1936 годы Б.С. Балакшин работал на Московском станкостроительном заводе имени Серго Орджоникидзе. Он был одним из организаторов производства новых токарно-револьверных станков и многошпиндельных токарных автоматов. Для изучения зарубежного опыта и закупки станочного оборудования его командировали на машиностроительные предприятия Англии и США.

С 1936 года Борис Сергеевич возглавляет

технологический отдел Московского экспериментального научно-исследовательского института металлорежущих станков («ЭНИМС»). Там он разрабатывал новые высокоэффективные типовые технологические процессы.

В 1942 году Б.С. Балакшин перешел работать в Московский станкоинструментальный институт (МосСтанкин) на должность доцента кафедры технологии машиностроения, а через год стал профессором этой кафедры. В годы Великой Отечественной войны преподаватели и сотрудники кафедры активно участвовали в создании оборонительных сооружений, налаживании производства на эвакуированных заводах и выпуске военной продукции и, несмотря на тяготы военного времени, не прекращали подготовку инженеров.

В 1946 году Борис Сергеевич избирается заведующим кафедрой технологии машиностроения Московского станкоинструментального института и возглавляет её по 1974 год. Под его руководством была создана ведущая технологическая научная школа, получившая мировое признание.

Профессором Б.С. Балакшиным были разработаны: теория размерных цепей, теория базирования, общий системный подход к разработке технологических процессов сборки машин и изготовления деталей, основы теории адаптивного управления технологическими процессами механообработки.

В 1972 году за исследование новых путей повышения точности и производительности обработки на станках с использованием адаптивных систем управления коллектив ученых, возглавляемый профессором Балакшиным, был удостоен Ленинской премии.

На основе научных работ Б.С. Балакшина и под его непосредственным руководством были подготовлены и утверждены ГОССТАНДАРТОМ СССР ГОСТы «Размерные цепи» и «Базирование и базы в машиностроении».

Борис Сергеевич как выдающийся ученый -технолог пользовался большим авторитетом и уважением в стране и за рубежом. Он неоднократно представлял отечественное станкостроение на международных выставках в Брюсселе, Лейпциге, Париже. Его труды переведены на многие языки мира и изданы в Китае, Германии, Великобритании, Румынии, Венгрии, Польше.

Доцент, к.т.н. Ю.И. Моисеев был аспирантом Б.С. Балакшина от Курганского машиностроительного института. Он отмечает: «Что оказалось неожиданным, всех нас, аспирантов-первогодков, Балакшин решил пропустить через программу детального изучения курса технологии машиностроения по своему учебнику «Основы технологии машиностроения». Причем потребовал не только прочитать материал, а очень тщательно его проштудировать и в дополнение к этому выполнить курсовой проект по аналогии со студентами-технологами Станкина. По содержанию проект существенно отличался повышенной сложностью от того, что в студенческие годы мы выполняли в КМИ. Не скрою, такие требования потребовали

переучивания и отхода от традиционного познания курса. Спустя полгода, мы защищали проект в комиссии из ведущих преподавателей кафедры и только после этого аспиранты допускались к сдаче кандидатских экзаменов.

Какое у меня осталось впечатление от Б.С. Балакшина?

На вид, у него было простое, даже, если можно так выразиться, «мужиковатое» лицо. Но за этой простой внешностью скрывался острый ум, необычайное свойство все «схватывать» на лету, анализировать и обобщать, находить за частностями существенное. В нем не было неприступности, высокомерия, в общении с ним не чувствовалась дистанция».

До последних дней своей жизни Борис Сергеевич читал лекции как студентам Станкина, так и за границей. Созданная им технологическая научная школа воспитала и дала путевку в жизнь тысячам инженеров-технологов, сотням научных работников в стране и за рубежом.

Б.С. Балакшин принимал активное участие в общественной жизни. Он был депутатом Моссовета, членом пленума ВАК, членом редакционного совета издательства «Машиностроение», членом президиума Всесоюзного общества «Знание».

За плодотворную научную и педагогическую деятельность Борис Сергеевич был награжден орденами Ленина, Трудового Красного Знамени и многими медалями. Он был удостоен званий «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР» и «Почетный доктор-инженер Дрезденского технического университета».

Б.С. Балакшин скончался в Москве в 1974 году. В 1983 году из печати посмертно вышло двухтомное издание трудов профессора Б.С. Балакшина.

#### **Балакшин Александр Сергеевич (1905-1985)**

Это второй сын С.А. Балакшина родился в Кургане.

А.С. Балакшин – радиоинженер, автор ряда прогрессивных радиоприборов, внесший большой вклад в дело внедрения радиотехники в кинопромышленность, за конструкцию радиоприемника «Волна» награжден золотой медалью на Всемирной выставке в Брюсселе в 1958 году. Известны его работы по электровакуумным приборам и по усилительным устройствам звукового кино. О себе он писал: «Первые трудовые навыки я получил на Курганском турбинном заводе в детстве, заводе организованном нашим отцом С.А. Балакшиным. Эти навыки и интерес к технике помогли мне успешно работать в течении всей моей жизни». Александр Сергеевич – автор книги о жизни и деятельности С.А. Балакшина «Сергей Александрович Балакшин, 1877-1933».





Рисунок 18 – Евгения Сергеевна, Александр Сергеевич, Маргарита Сергеевна Балакшины и профессор Б. Федоров на 80-летию завода «Кургансельмаш». 1980 г.

### **Евгения Сергеевна Карташова (ур. Балакшина, 1902-1991)**

Старшая дочь С.А. Балакшина, родилась в Кургане. Евгения Сергеевна – архитектор, доцент. Она участвовала в проектировании ведущих строений и первых пятилеток на Урале (Уралмаш, Магнитка) и ряда объектов в Москве (Фрунзенская набережная, Комсомольский проспект, стадион в Лужниках). После смерти брата Александра Сергеевича дописывала книгу о жизни и деятельности отца.

### **Маргарита Сергеевна Балакшина (1903-1996).**

Вторая дочь С.А. Балакшина. Маргарита Сергеевна родилась в Кургане. Она врач, кандидат медицинских наук. Успешно работала в медицинских учреждениях Новосибирска, Томска и Москвы.

В доме Балакшиных (в Томске) часто устраивались семейные концерты. При этом Сергей Александрович играл на скрипке, а Елена Андреевна аккомпанировала ему на фортепьяно. В таких концертах обычно принимали участие и остальные члены семьи. В театр и кино Балакшины ходили редко. Елена Андреевна страдала сердечным заболеванием. Редко ходили они и в гости, в основном бывали у родственников. Зато к Балакшиным гости заходили часто. В основном это были артисты местной оперы и оперетты, профессора томских вузов, студенты-друзья детей Балакшиных.

К развитию отечественной науки и образования имеют отношение и внуки Сергея Александровича Балакшина – это уже пятое поколение Балакшиных. Отметим только некоторых из них.

### **Александр Борисович Балакшин**

(сын Бориса Сергеевича) – ветеран Великой Отечественной войны, полковник в отставке, кандидат технических наук, преподаватель артиллерийской академии в Пензе.

**Олег Борисович Балакшин** (второй сын Бориса Сергеевича) – доктор технических наук, профессор, занимается проблемами биомеханики, автор нескольких книг, начальник отдела в АН РФ.

**Михайлов Игорь Алексеевич** (сын Маргариты Сергеевны) – геолог, кандидат геологических наук. Проводил геологические изыскания на Алтае, в Китае, Сирии, Египте, Марокко.

### **Карташова Кира Константиновна** (дочь

Евгении Сергеевны) – доктор архитектуры, профессор МАРХИ, действительный член Международной академии информатизации, член Союза архитекторов РФ и Географического общества при АН РФ, была председателем градостроительной комиссии Моссовета.

Пять поколений Балакшиных честно и преданно, как большие патриоты служили своей стране, своей Родине, каждый в меру своих сил, таланта и возможностей. Они внесли достойный вклад в развитие Сибири и нашего Зауралья.

#### *Список литературы*

- 1 Маляревский Г. Я. Сведения о Союзе сибирских маслодельных артелей с диаграммами. Курган : Типография «Народной газеты», 1917.
- 2 Балакшин А. С. Сергей Александрович Балакшин, 1877-1933. М. : Наука, 1990. 112 с.
- 3 Плющев В. А. Молочные родники. Курган : Мак энд Мак, 1999. 157 с.
- 4 Бубнов В. А. Развитие машиностроения в Зауралье. Курган : Изд-во «Зауралье», 2000. 478 с.
- 5 Бубнов В. А. Перерабатывающий комплекс Зауралья. Его прошло и настоящее. Курган : Изд-во «Зауралье», 2012. 436 с.
- 6 Васильева А. М. Забытый Курган.
- 7 Васильева А. М. Курганское купечество. Шумиха : ОГУП «ШМРТ», 2010. Т.1. 384 с.
- 8 Еремеев А. П., Плющев В. А. Родина сибирского маслодела. Челябинск : Южно-Уральское книжное изд-во, 1989. 175 с.
- 9 Плющев В. А. Традиции нервущаяся нить // Новый мир. 1998. от 21, 23, 24, 28 и 30 апреля.
- 10 Из жизни Балакшиных. Многотиражная газета «Турбинка» завода «Кургансельмаш» за 1998 год (номера №6, 9, 13, 16) и за 1999 год (номера №7 и 8). Воспоминания Н.А. Балакшина, написанные в Канаде.

# МАШИНОВЕДЕНИЕ И ДЕТАЛИ МАШИН

УДК 621.7.

Г.Ю. Волков, С.А. Киселев  
Курганский государственный университет

## СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ НЕСТАНДАРТНОЙ ФОРМЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрен новый способ изготовления зубчатых венцов путем сворачивания в спираль зубчатой ленты. Идея состоит в использовании в качестве зубчатой ленты флексагона – тонкой полосы многократно согнутой определенным образом.

**Ключевые слова:** зубчатый венец, флексагон, зубчатая лента, спираль, прессование.

G.Y. Volkov, S.A. Kiselev.  
Kurgan State University

## METHOD OF PRODUCTION OF NONSTANDARD FORM TOOTHED RIMS

**Annotation.** The article describes the new method of production of toothed rims via coiling of toothed tape. The idea consists in that the use of a flexagon – the thin multiple-folded in a specific manner metal strip as the toothed tape.

**Keywords:** toothed rim, flexagon, toothed tape, spiral, extrusion.

Зубчатые колеса широко используются в самых разных отраслях техники. Тем не менее, в настоящее время существуют проблемы с обработкой зубчатых колес «особой конфигурации»: венцов внутреннего зацепления и некруглых зубчатых колес. Некоторые зубчатые механизмы, например, планетарно-роторные насосы, имеющие ряд принципиальных достоинств, не применяются из-за отсутствия экономически оправданных технологий изготовления специфических зубчатых деталей. Механическая обработка нестандартных, проблемных зубчатых венцов дорога и трудоемка, безотходные методы производства (литье,ковка, порошковая металлургия) не обеспечивают требуемой точности.

Из патентно-технической литературы известен способ производства зубчатых венцов [1], состоящий в сворачивании в цилиндр зубчатой ленты. Соединение кромок производится с помощью сварки. Стыки неизбежно вызывают некоторые погрешности по шагу и, соответственно, удары в процессе эксплуатации. Другие недостатки способа связаны с неидентичностью профиля ребристой полосы и требуемого профиля полу-

чаемого зубчатого венца. Погрешности добавляются в процессе гибки достаточно толстостенной ребристой полосы. В случае изготовления некруглых зубчатых колес, трудности применения данного метода значительно возрастают.

В патенте [2] предлагается метод изготовления зубчатого венца путем сворачивания металлической полосы, на которой предварительно выполнены зубья в спираль. Метод имеет недостатки аналогичные вышеуказанным – невысокая точность, обусловленная наличием стыка, а также искажениями профиля зуба в процессе гибки зубчатой ленты.

Нами предложен [3] существенно модернизированный способ изготовления зубчатых венцов, содержащий операцию сворачивания в спираль зубчатой ленты (рисунок 1). Новым является то, что в качестве зубчатой ленты будет укладываться слоями флексагон, то есть многократно согнутая полоса-заготовка. Контур флексагона выбирается приблизительно соответствующим требуемому профилю получаемого зубчатого венца. Окончательное формообразование венца происходит в пресс-форме (рисунок 2). Преимуществом метода является то, что пресс-форма, благодаря невысоким температурам процесса и небольшим усилиям прессования, длительно сохраняет свою точность.

В качестве заготовки используется плоская полоса с постоянной заданной шириной  $b$ , составляющей 0,3-3 высоты зуба и толщиной  $\delta$  не более 0,5 от своей ширины. Материал полосы-заготовки может быть различным: стальная лента, (преимущественно стандартная полоса, выпускаемая промышленностью), латунная лента, лента на базе стекло- или углеволокна и т. д. Полоса-заготовка может быть покрыта припоем, оцинкована или пропитана клеящим веществом. Полоса-заготовка сгибается во флексагон.

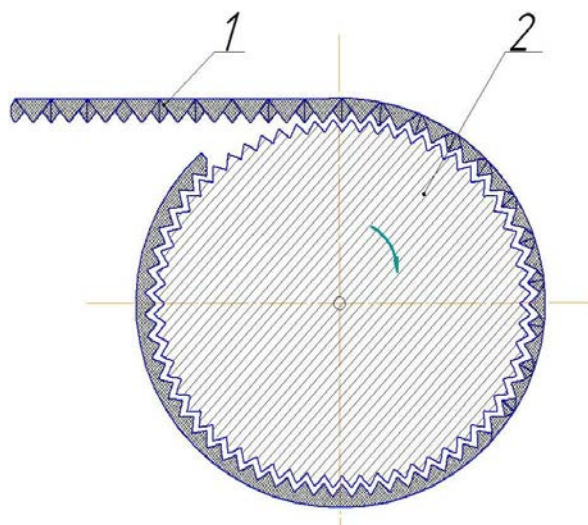


Рисунок 1 – Сворачивание зубчатой ленты (флексагона) в спираль 1 – зубчатая лента, 2 – матрица (зубчатое колесо, конгруэнтное изготавливаемому венцу)

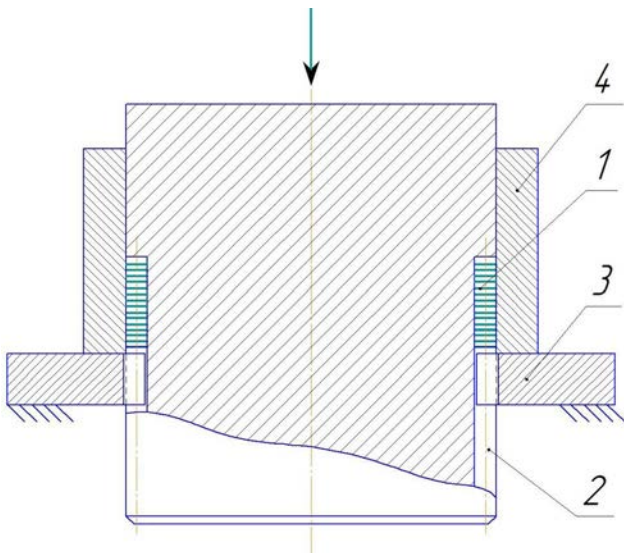


Рисунок 2 – Прессование флексагона. 1 – флексагон, 2 – матрица, 3 – опора, 4 – оправка.

Для унификации формы задания параметров флексагона в связи с технологией его получения, конфигурация флексагона характеризуется циклически повторяющейся группой преобразований: сгибание полосы-заготовки на 180° относительно оси, лежащей в плоскости полосы-заготовки, выдвигание полосы-заготовки вдоль своей кромки:

$(\varphi_1; h_1/b) \rightarrow (\varphi_2; h_2/b) \rightarrow \dots \rightarrow (\varphi_i; h_i/b) \rightarrow \dots \rightarrow (\varphi_n; h_n/b)$ ,

где  $\varphi_i$  – угол, отсчитанный против часовой стрелки, между осью координат, связанный с кромкой полосы-заготовки, и ортом, лежащим на линии сгиба, проекция которого на ось координат неотрицательна;

$h_i$  – очередное выдвигание полосы-заготовки вдоль своей кромки;

$b$  – ширина полосы-заготовки.

Конкретные значения параметров флексагона зависят, в первую очередь, от требуемого профиля изготавливаемого зубчатого венца, в том числе от угла зацепления. Для типичных венцов с внутренним зубом подходит флексагон (рисунок 3), цикл преобразований которого соответствует следующим значениям параметров  $\varphi_i$  и  $h_i/b$ :

$(-60^\circ; 1,8) \rightarrow (60^\circ; 0,6) \rightarrow (-60^\circ; 1,8) \rightarrow (60^\circ; 1,8) \rightarrow (-60^\circ; 0,6) \rightarrow (60^\circ; 1,8)$ .

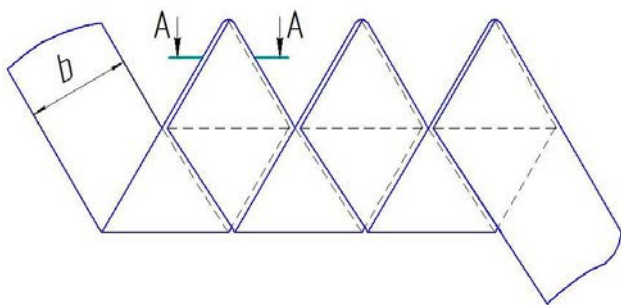


Рисунок 3 – Флексагон

Развертка такого флексагона, то есть, полоса-заготовка с нанесенной на ней разметкой линий сгиба, изображена на рисунке 4. Для того чтобы направление линий сгиба характеризовать однозначно, используются ось координат  $X$ , совпадающая с одной из кромок полосы-заготовки и орты  $e_i$  (направленные оси), лежащие на линиях сгиба. Причем, из двух возможных направлений каждого орта  $e_i$  выбрано то, при котором проекция орта на ось координат  $X$  неотрицательна. Сгиб полосы-заготовки по каждой линии сгиба производится на 180°. По направлениям, показанным на рисунке 4 сплошными линиями, сгиб выполняется «на себя», а по пунктирным линиям – «от себя» (или наоборот).

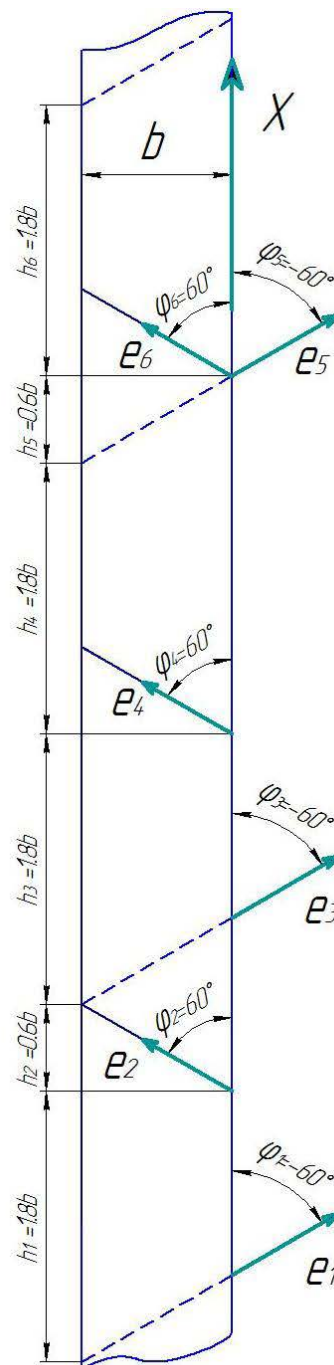


Рисунок 4 – Развертка флексагона



Сгибы флексагона делаются не резкими, а с радиусом  $R$ , составляющим 0,5–5 от толщины  $\delta$  полосы-заготовки, как показано на рисунке 5. Благодаря этому, между ребрами флексагона и поверхностями пресс-формы сохранены пустоты, которые в процессе прессования исчезают. В результате, операция прессования обеспечивает воспроизведение заданного (в том числе нестандартного) профиля зубчатого венца и, тем самым, освобождает от необходимости точного выполнения профиля зуба на стадии получения зубчатой ленты. Малая толщина полосы-заготовки снижает необходимые усилия прессования, что обуславливает долговечность пресс-формы.

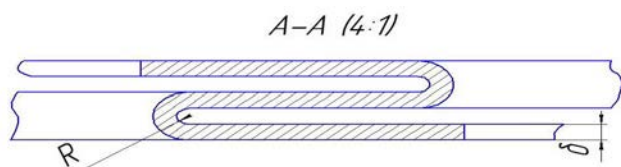


Рисунок 5 – Сечение зуба флексагона по А-А

Если в изделии, для которого предназначен зубчатый венец, присутствуют сжимающие его торцовые крышки, то для фиксации витков зубчатой ленты друг относительно друга достаточно сил трения, действующих между слоями зубчатой ленты. Для более надежной фиксации витков и обеспечения герметичности может быть применен клей или проведена спайка витков при нагревании пресс-формы до температуры около 200°C. Такое нагревание не вызывает деформации пресс-формы.

#### Заключение

Технический результат предложенной модернизации способа изготовления зубчатых венцов из зубчатой ленты, уложенной в спираль, состоит в удешевлении технологии на стадии получения зубчатой ленты и в повышении точности воспроизведения требуемого профиля на стадии прессования зубчатой ленты, свернутой в спираль. Преимущества предлагаемого способа по сравнению с «традиционными» методами механической обработки зубчатых колес из монолитных заготовок состоят в отсутствии отходов материала и возможности получать любой профиль зубчатого венца. Кроме того, переход от монолитного строения зуба к зубу, состоящему из отдельных пластин, расположенных благоприятным образом (перпендикулярно линиям зубьев), в итоге дает повышение прочности зуба (подобно, например, тому, как повышается прочность троса по сравнению с монолитным стержнем).

#### Список литературы

1 А.с. СССР 418251 МПК В21d5/00. Способ изготовления зубчатого венца с наружными зубьями / Зверев Ю. Н., Белецкий Б. Т. №1737167/25-27, заявл. 12.01.1972; опублик. 05.03.1974, бюл. №9.

2 Pat. DE 102005053989 МПК В21D53/26; В21D53/28. Process to manufacture an automotive gearbox synchromesh ring by application of teeth to top side of sheet metal strip and

subsequent bending / HELMS GEORG - №102005053989; заявл. 10.11.2005; опублик. 24.05.2007. 6 с.

3 Заявка на изобретение РФ 2015153632 МПК В21d5/00; В21d53/28 / Способ формообразования зубчатого венца / Волков Г. Ю., Киселев С. А. заявл. 14.12.2015.

УДК 621.839.36

Г.Ю. Волков, Д.А. Курасов, М.В. Горбунов  
Курганский государственный университет

## ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НЕКРУГЛЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПЛАНЕТАРНОЙ РОТОРНОЙ ГИДРОМАШИНЫ

**Аннотация.** В статье рассмотрен новый метод геометрического синтеза некруглых зубчатых звеньев роторной гидромашин. Метод реализован с использованием общедоступного математического программного обеспечения и стандартных пакетов графических компьютерных программ.

**Ключевые слова:** планетарная роторная гидромашин, траектории центров сателлитов, синтез центроид, синтез профилей зубьев.

G.Y. Volkov, D.A. Kurasov, M.V. Gorbunov  
Kurgan State University

## GEOMETRICAL SYNTHESIS OF NON-CIRCULAR TOOTH GEAR OF THE PLANETARY ROTOR HYDRAULIC UNIT

**Annotation.** The article considers the new method of geometrical synthesis of a non-circular gear member of the rotor hydraulic unit. It is realised with the use of the open-source mathematical software and canned graphic software packages.

**Keywords:** planetary rotor hydraulic unit, satellites centres trajectories, synthesis of centrodes, synthesis of teethshapes.

Среди схем объемных гидравлических машин известны планетарные роторные гидромашин (ПРГМ). Эти гидромашин содержат плавающие сателлиты и, в общем случае, некруглые центральные зубчатые колеса – ротор и статор (рисунок 1). Достоинством ПРГМ является автоматическая компенсация зазоров в радиальных сопряжениях ротора и статора, которая предопределяет повышенный ресурс их работы. Сравнительно малое распространение ПРГМ обусловлено тем, что ранее отсутствовали экономически оправданные технологии изготовления некруглых зубчатых колес. В настоящее время производство ПРГМ сдерживается слабой изученностью теоретических вопросов, в частности, геометрического синтеза некруглых зубчатых звеньев. В России по данной теме была опубликована серия работ, по-

лучивших обобщение в докторской диссертации Ан И-Кана [1]. Недостатком метода геометрического синтеза ПРГМ, разработанного Ан И-Каном, является сложность его применения в реальных условиях производственных предприятий.

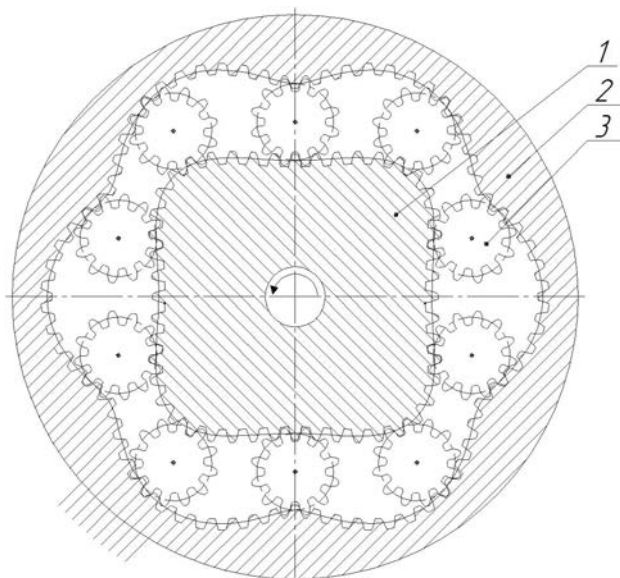


Рисунок 1 – Планетарная роторная гидромашина (ПРГМ) 4×6. 1 – солнечное колесо, 2 – эпициклическое колесо, 3 – сателлиты

Авторами предлагается метод геометрического синтеза планетарных механизмов ПРГМ с некруглыми звеньями, реализуемый с использованием общедоступного математического программного обеспечения и стандартных пакетов графических компьютерных программ.

На первом этапе синтеза зададим определенные траектории центра сателлита в системах координат, связанных с каждым из центральных колес (рисунок 2).

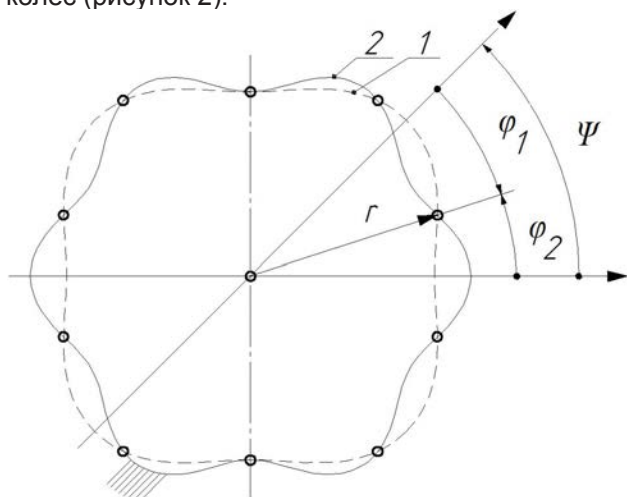


Рисунок 2 – Траектории центра сателлита. 1 – траектория для солнечного колеса, 2 – траектория для эпицикла

Уравнения этих траекторий в полярных координатах:

$$r_1 = r_0 \cdot (1 + k \cdot F(M \cdot \varphi_1)), \quad (1)$$

$$r_2 = r_0 \cdot (1 + k \cdot F(N \cdot \varphi_2)), \quad (2)$$

где  $r_1$  и  $r_2$  – радиус-векторы траекторий;

$\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – текущие углы в полярных координатах, связанных с соответствующими звеньями;

$k$  – коэффициент «некруглости» траекторий;

$r_0$  – радиус расчетной окружности (в которую вырождаются обе траектории при  $k = 0$ ).

Обе траектории описываются некоторой однотипной циклической функцией  $F(\varphi)$ . Различия состоят лишь в определяющих период функции целочисленных коэффициентах  $M$  и  $N$ , которые равны числам волн солнечного и эпициклического колес. В ПРГМ упомянутые коэффициенты связаны соотношением  $N \geq M$ . Примеры реализации соотношения  $N = M$  приведены в наших работах [2; 3].

В простейшем случае циклической функции  $F(\varphi)$  центровые траектории изменяются по закону косинуса:

$$r_1 = r_0 \cdot (1 + k \cdot \cos(M \cdot \varphi_1)), \quad (3)$$

$$r_2 = r_0 \cdot (1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi_2)). \quad (4)$$

Практический интерес представляют, в первую очередь, механизмы ПРГМ с круглыми сателлитами. В таком случае, центры солнечных и эпициклических колес будут эквидистантами к соответствующим центровым траекториям. Для получения требуемых эквидистант нужно знать диаметры начальных окружностей сателлита  $d_{WC1}$  и  $d_{WC2}$ , взаимодействующих с центрами колес 1 и 2. Приближенные значения диаметров  $d_{WC1}$  и  $d_{WC2}$  механизма ПРГМ предлагается определить, используя вспомогательный, расчетный круглозвенный планетарный механизм, сателлиты которого движутся по окружности радиуса  $r_0$ , т.е. механизм, имеющий постоянное межосевое расстояние  $aW = r_0$ .

Расчетный круглозвенный механизм можно характеризовать числами зубьев  $Z_1$  – солнечного колеса,  $Z_2$  – эпициклического колеса,  $Z_C$  – сателлита, основным модулем  $m_b$ , а также углами зацепления  $\alpha_{w1}$  и  $\alpha_{w2}$  сателлита с солнечным 1 и эпициклическим 2 колесами.

Диаметры начальных окружностей колес 1 и 2:

$$d_{w1} = \frac{Z_1 \cdot m_b}{\cos \alpha_{w1}}; \quad d_{w2} = \frac{Z_2 \cdot m_b}{\cos \alpha_{w2}}. \quad (10)$$

Диаметры начальных окружностей сателлита расчетного механизма:

$$d_{WC1}^p = \frac{Z_C \cdot m_b}{\cos \alpha_{w1}}; \quad d_{WC2}^p = \frac{Z_C \cdot m_b}{\cos \alpha_{w2}}. \quad (11)$$

Замечаем, что отношение  $\lambda$  углов зацепления обратно пропорционально отношению начальных диаметров сателлита во внешнем и внутреннем зацеплениях:

$$\lambda = \frac{\cos \alpha_{W2}}{\cos \alpha_{W1}} = \frac{d_{WC1}^p}{d_{WC2}^p}, \quad (12)$$

$$d_{WC2}^p = d_{WC1}^p / \lambda. \quad (13)$$

Межосевые расстояния  $a_W$  внешнего и внутреннего зацеплений равны друг другу:

$$r_0 = a_W = \frac{d_{W1} + d_{WC1}^p}{2} = \frac{d_{W2} - d_{WC2}^p}{2}. \quad (14)$$

Преобразуя (14) с учетом (10), (11) и (12), получаем:

$$\lambda = \frac{Z_2 - Z_C}{Z_1 + Z_C}. \quad (15)$$

Справедливы также выражения:

$$r_0 = \left( \frac{Z_2}{Z_C} - 1 \right) \cdot \frac{d_{WC2}^p}{2}, \quad (16)$$

$$r_0 = \left( \frac{Z_1}{Z_C} + 1 \right) \cdot \frac{d_{WC1}^p}{2}. \quad (17)$$

Для расчетного круглозвенного механизма передаточное отношение  $i_{12p}$  от солнечного колеса 1 к эпициклическому 2 при остановленном мнимом водиле  $h$ , выраженное через начальные диаметры:

$$i_{12p} = \frac{N}{M} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{d_{W2} \cdot d_{WC1}^p}{d_{W1} \cdot d_{WC2}^p}. \quad (18)$$

С учетом того, что  $d_{W1} = 2 \cdot r_0 - d_{WC1}^p$ ;  $d_{W2} = 2 \cdot r_0 + d_{WC2}^p$ , получаем:

$$i_{12p} = \frac{2 \cdot r_0 \cdot \lambda + d_{WC1}^p}{2 \cdot r_0 - d_{WC1}^p}, \quad (19)$$

откуда:

$$d_{WC1}^p = \frac{2 \cdot r_0 \cdot (i_{12p} - \lambda)}{i_{12p} + 1}. \quad (20)$$

Рассчитав приближенные значения начальных диаметров  $d_{WC1}^p$  и  $d_{WC2}^p$  сателлита, переходим к нахождению соответствующих им центроид некруглых зубчатых колес. Используя возможности существующих графических программ, в частности, пакета трехмерного графического моделирования КОМПАС, по формулам (3), (4) рассчитываем и строим центровые траектории ПРГМ, отвечающие выбранной циклической функции. Далее строим центроиды солнечного и эпициклического колес как эквидистанты к соответствующим центровым траекториям проектируемого механизма при начальных диаметрах сателлита  $d_{WC1}^p$  и  $d_{WC2}^p = d_{WC1}^p / \lambda$ . Используя возможности графической программы, измеряем длины  $L_{W2}$  и  $L_{W1}$  эквидистант эпициклического 2 и солнечного 1 колес. Рассчитываем получающееся «пробное» передаточное отношение (среднее за цикл):

$$i_{12n} = \frac{L_{W2} \cdot d_{WC1}^p}{L_{W1} \cdot d_{WC2}^p} = \frac{L_{W2} \cdot \lambda}{L_{W1}}. \quad (21)$$

Длины  $L_{W2}$  и  $L_{W1}$  полученных эквидистант не равны длинам соответствующих окружностей расчетного круглозвенного механизма, а их отношение  $i_{12n}$  несколько отличается от  $i_{12p}$ . Нужно скорректировать начальные диаметры сателлита так, чтобы уменьшить (а в пределе исключить) разницу  $i_{12n}$  и  $i_{12p}$ . Если новое (пробное) передаточное отношение  $i_{12n}$  получилось больше расчетного  $i_{12p}$ , то оба начальных диаметра следует уменьшить.

Находим поправочный коэффициент:  $\delta_1 = i_{12n} / i_{12p}$ .

Вычисляем новые значения начальных диаметров сателлита по формулам:

$$d_{WC1}^p = \frac{2 \cdot r_0 \cdot (\delta \cdot i_{12p} - \lambda)}{\delta \cdot i_{12p} + 1}; \quad (22)$$

$$d_{WC2}^p = d_{WC1}^p / \lambda, \quad (23)$$

или через коэффициент  $\xi$ :

$$\xi = \frac{d_{WC1}^p}{d_{WC1}^p} = \frac{d_{WC2}^p}{d_{WC2}^p} = \frac{(i_{12p} - \lambda) \cdot (\delta \cdot i_{12p} + 1)}{(i_{12p} + 1) \cdot (\delta \cdot i_{12p} - \lambda)}. \quad (24)$$

Снова строим эквидистанты, измеряем их длины, по формуле (21) находим новое значение  $i_{12n}$ , определяем новое значение поправочного коэффициента  $\delta_2$ . Подставляем  $\delta = \delta_1 \cdot \delta_2$  в формулу (22). По полученным значениям  $d_{WC2}^p$ ,  $d_{WC1}^p$  строим новые эквидистанты. В случае удовлетворительного совпадения значений передаточных отношений  $i_{12p}$  и  $i_{12n}$  прекращаем итерационный процесс.

Рассмотрим пример выполнения синтеза центроид ПРГМ предлагаемым методом.

Исходные данные для расчетного круглозвенного механизма:

$M = 4$ ;  $N = 6$ ;  $Z_1 = 48$ ;  $Z_2 = 72$ ;  $Z_C = 12$ ;  $mb = 1 \cdot \cos 20^\circ$ .

По формуле (15) получаем  $\lambda = 1$ , значит  $\alpha_{W2} = \alpha_{W1}$ . Примем  $\alpha_{W1} = 20^\circ$ , тогда по формулам (11) (14) получаем:  $d_{WC2}^p = d_{WC1}^p = 24$  мм;  $a_W = r_0 = 60$  мм. Передаточное отношение расчетного круглозвенного механизма по формуле (18):  $i_{12p} = 1,5$ .

Переходя к механизму с некруглыми звеньями вначале выбираем значение коэффициента  $k$ , которое обеспечивает отсутствие касания вершин зубьев колес 1 и 2. В конкретном случае примем  $k = 0,09$ . Рассчитываем по формулам (3), (4) и строим в программе «КОМПАС» траектории центра сателлита. Строим центроиды солнечного и эпициклического колес как эквидистанты к соответствующим центровым траекториям проектируемого механизма при начальных диаметрах сателлита  $d_{WC2}^p = d_{WC1}^p = 24$  мм. Измеряем длины эквидистант эпициклического 2 и солнечного 1 колес:  $L_{W2} = 478,336122$  мм;  $L_{W1} = 313,520865$  мм. «Пробное» передаточное отношение по формуле



(21):  $i_{12n} = 1,525692$ . Поправочный коэффициент:  $\delta_1 = i_{12p} / i_{12n} = 0,983161$ .

Вычисляем новые значения начальных диаметров сателлита по формулам (22), (23):  $d_{WC1} = d_{WC2} = 23,020174$  мм. Снова строим и измеряем длины эквидистант центровых траекторий эпициклического 2 и солнечного 1 колес:  $L_{W2} = 475,257992$  мм;  $L_{W1} = 316,598999$  мм. «Пробное» передаточное отношение по формуле (21):  $i_{12n} = 1,501135$ . Поправочный коэффициент:  $\delta_2 = i_{12p} / i_{12n} = 0,999244$ .

Вычисляем новые значения начальных диаметров сателлита по формулам (22), (23), приняв  $\delta = \delta_1 \cdot \delta_2$ :  $d_{WC1} = d_{WC2} = 22,976464$  мм. Снова строим и измеряем длины эквидистант центровых траекторий эпициклического 2 и солнечного 1 колес:  $L_{W2} = 475,120389$  мм;  $L_{W1} = 316,736602$  мм. Новое «пробное» передаточное отношение по формуле (21):  $i_{12n} = 1,500049$ . Полученные центры механизма ПРГМ 4×6 показаны на рисунке 2.

Следующий этап геометрического синтеза планетарного механизма состоит в нахождении профилей зубьев центральных колес. Данные профили получим как огибающие к сателлиту в его движении относительно соответствующего центрального колеса. Траектории движения центра сателлита относительно этих колес заданы уравнениями (3), (4). Скорость движения центра сателлита по траектории можно найти. Решаем задачу для случая круглого сателлита (рисунок 3).

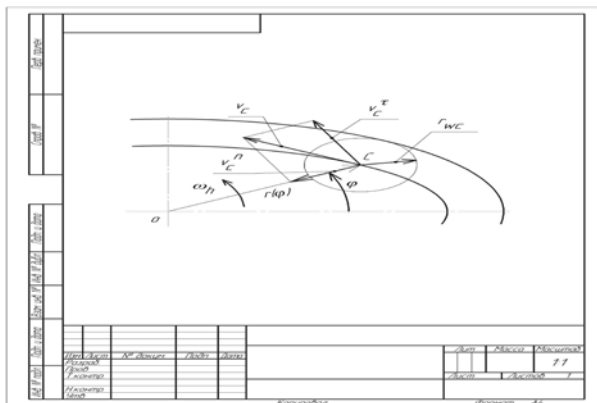


Рисунок 3 – К расчету скорости вращения сателлита

Скорость  $V_C$  точки С (центра сателлита) при ее движении вдоль траектории относительно неподвижного эпициклического колеса 2 складывается из нормальной  $V_C^n$  (радиальной) и тангенциальной  $V_C^t$  составляющих:

$$|V_C| = \sqrt{V_C^t{}^2 + V_C^n{}^2} \quad (25)$$

С учетом того, что положение точки С определяется длиной вектора  $r$  и углом  $\varphi$ , связанными уравнением (4), получаем:

$$V_C^t = r \cdot \omega_h = \omega_h \cdot r_0 \cdot (1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi)) \quad ; \quad (26)$$

$$V_C^n = \frac{dr}{dt} = \frac{dr}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \omega_h \cdot \frac{dr}{d\varphi} \quad , \quad (27)$$

где  $\omega_h$  – угловая скорость мнимого водила.

$$\frac{dr}{d\varphi} = -N \cdot k \cdot r_0 \cdot \sin(N \cdot \varphi) \quad (28)$$

Подставляя все в выражение (25), получаем абсолютную величину полной скорости движения точки С центра сателлита.

$$|V_C| = \omega_h \cdot r_0 \cdot \sqrt{(1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi))^2 + (N \cdot k \cdot \sin(N \cdot \varphi))^2} \quad (29)$$

Другая точка сателлита лежит на центре масс колеса 2, она неподвижна. Угловая скорость сателлита – это отношение относительной скорости двух его точек (т.е.  $V_C$ ) к расстоянию между ними (т.е. радиусу  $r_{WC2} = d_{WC2} / 2$ ):

$$\omega_C = \frac{V_C}{r_{WC2}} \quad (30)$$

Подставляя (29) в (30), с учетом (16) и (24), а также различного направления вращения мнимого водила и сателлита, получаем конечную формулу для расчета мгновенной угловой скорости сателлита в системе координат, связанной с неподвижным эпициклическим колесом 2.

$$\omega_C = \omega_h \cdot \left(1 - \frac{Z_2}{Z_C}\right) \cdot \xi \cdot \sqrt{(1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi))^2 + (N \cdot k \cdot \sin(N \cdot \varphi))^2} \quad (31)$$

Аналогичные преобразования дают расчетную формулу для определения мгновенной угловой скорости сателлита в системе координат, связанной с неподвижным солнечным колесом 1:

$$\omega_C = \omega_h \cdot \left(1 + \frac{Z_1}{Z_C}\right) \cdot \xi \cdot \sqrt{(1 + k \cdot \cos(M \cdot \varphi))^2 + (M \cdot k \cdot \sin(M \cdot \varphi))^2} \quad (32)$$

Далее нужно найти угловые положения сателлита, соответствующие положениям его центра на центровых траекториях, в системах координат, связанных с неподвижным колесом 2 и с неподвижным колесом 1. Для этого берем определенные интегралы от угловой скорости  $\omega_C$  сателлита по углу  $\varphi$  поворота мнимого водила для каждого из центральных колес:

$$\varphi_C = \left(1 - \frac{Z_2}{Z_C}\right) \cdot \xi \cdot \int_0^\varphi \sqrt{(1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi))^2 + (N \cdot k \cdot \sin(N \cdot \varphi))^2} d\varphi \quad ; \quad (33)$$

$$\varphi_C = \left(1 + \frac{Z_1}{Z_C}\right) \cdot \xi \cdot \int_0^\varphi \sqrt{(1 + k \cdot \cos(M \cdot \varphi))^2 + (M \cdot k \cdot \sin(M \cdot \varphi))^2} d\varphi \quad , \quad (34)$$

где  $\varphi_C$  – угол поворота сателлита относительно данного центрального колеса.

Массивы параметров  $\varphi$ ,  $r$ ,  $\varphi_C$  для каждого из некруглых центральных колес получаем, используя математическое программное обеспечение, например, программу для инженерных вычислений Mathcad. Далее, используя графическую программу КОМПАС, строим сателлит во всех положениях. Профиль зубчатого венца соответ-

ствующего некруглого колеса – это огибающая к полученному семейству кривых. Задача представления искомого профиля в виде единой кривой также решается средствами программы КОМПАС.

#### Заключение

Предложенный метод геометрического синтеза позволяет с помощью стандартных пакетов компьютерных программ получить профили некруглых зубчатых звеньев ПРГМ в форме необходимой для их изготовления с применением 2-Д технологий. Пользуясь этим методом, проектирование ПРГМ смогут осуществить конструкторы самых разных машиностроительных предприятий.

#### Список литературы

- 1 Ан И-Кан. Синтез, геометрические и прочностные расчеты планетарных механизмов с некруглыми зубчатыми колесами роторных гидромашин : дис. ... д-ра техн. наук : 01.02.06, 05.02.18 / Ан И-Кан. Томск, 2001. 236 с.
- 2 Пат. 2513057 РФ МПК F04 C2/08 МПК F 04 C 2/14. Роторная гидромашин / Волков Г. Ю. № 2012129487; заявл. 11.07.2012; опубл. 20.01.2014; Бюл. № 11. 14 с.
- 3 Пат. 144306 РФ МПК F04C2/14 МПК F 04 C 2/00, F 04 C 18/00. Роторная гидромашин / Волков Г. Ю., Курасов Д. А. № 2014113740; заявл. 08.04.2014; опубл. 20.08.2014; Бюл. № 23. 2 с.

УДК 624.3:621.791

**С.И. Казаков**

**Курганский государственный университет**

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ БОЛТО-СВАРНЫХ РЕШЕТЧАТЫХ МОСТОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ

**Аннотация.** В статье предлагается для стержней решетчатых мостов использовать сварные одношовные трубы вместо сварных коробчатого профиля стержней, что позволит при одинаковой площади поперечного сечения коробчатого и круглого стержней повысить несущую способность, снизить трудоемкость и экономить сварочные материалы.

**Ключевые слова:** решетчатые фермы мостов, трубы, сварные коробчатые стержни, несущая способность, надежность.

**S.I. Kazakov**

**Kurgan State University**

## IMPROVING THE DESIGN OF BOLT WELDED LATTICE BRIDGES THROUGH TUBE ELEMENTS USAGE

**Annotation.** The paper proposes using welded single-seam welded tubes for the lattice bridges rods

instead of box-profile rods, which will at the same cross-sectional area of the box and round rods allow increasing the carrying capacity, reducing labour intensity and saving welding materials.

**Keywords:** lattice truss bridges, tubes, welded box-shaped rods, bearing capacity, and reliability.

#### Введение

На кафедре «Технология и автоматизация сварочного производства» Курганского государственного университета ведутся исследования по совершенствованию конструкций автодорожных, железнодорожных стальных решетчатых мостов, в результате которых получено более десяти патентов по совершенствованию решетчатых мостов. Мосты железнодорожные (как наиболее совершенные конструкции) возводятся в настоящее время, в основном, по типовым проектам, разработанным в середине XX века, и в настоящее время широко эксплуатируются в России, надежно выполняя свои функции мостовых переходов через небольшие реки на равнинной местности России [1]. Однако конструкции типовых решетчатых мостов, разработанные более 60 лет назад, уже морально устарели. Эти мосты отличаются от клепаных мостов начала XX века только тем, что элементы стержней вместо соединительных уголков и заклепок соединяться между собой сварными швами.

Сварные стержни главных несущих ферм таких мостов выполняются коробчатого или H-образного профиля и при этом на каждый метр например, коробчатого стержня укладывается 8 метров сварных швов (для H-образного профиля – 4 м).

Сходящиеся в узлах стержни ферм прикрепляют к развитым по высоте специальным фасонным листам (фасонкам), как правило, на фрикционных высокопрочных болтах. Усилия стержней от эксплуатационных нагрузок перераспределяются в узле через указанные фасонки, которые только с двух сторон можно плотно соединить с боковыми (вертикальными) гранями стержней, следовательно, и усилие в стержень передается только через вертикальные грани, а верхние и нижние горизонтальные листы обеспечивают лишь жесткость стержня, увеличивая его металлоемкость, но свободны от закрепления и не передают и не воспринимают нагрузку узла, что ведет к высокой концентрации напряжений в зоне обрыва (окончания) горизонтального элемента. Наличие концентрации напряжений в зоне обрыва элемента является одним из недостатков указанных выше типовых конструкций стержней мостов.

**Совершенствование конструкций стержней ферм**

Анализируя форму стержней типовых мостов, можно заметить, что сварные профили заимствованы из клепаных конструкций. Более совершенным, близким к идеальной форме, является стержень в виде круглой пустотелой трубы.

Применение труб в сварных конструкциях связано с рядом преимуществ, которыми отличается данный тип сечения [2]:

- высокие и одинаковые во всех направлениях значения геометрических характеристик сечений таких, как радиус инерции и момент инерции, что позволяет эффективно использовать трубы в стержнях, работающих на центральное и внецентренное сжатие, а также кручение. Это открывает возможности для более эффективного использования сталей повышенной и высокой прочности в стержневых конструкциях;

- повышенная местная устойчивость стенок труб, обеспечивающая возможность использования тонкостенных сечений. Увеличение соотношения диаметра трубы к толщине ее стенки  $D/t$  ведет к повышению эффективности использования труб в сжатых элементах с позиций повышения устойчивости против продольного изгиба стержня. Поскольку трубы отличаются наилучшей из применяемых в конструкциях обтекаемостью сечения, то такие трубчатые стержни обеспечивают снижение ветровой и волновой нагрузки на сооружение, а следовательно, позволяет дополнительно уменьшить массу конструкции. Именно по этой причине мачтовые и башенные конструкции в большинстве изготавливают из труб;

- повышенная коррозионная стойкость, обусловленная относительно меньшей площадью поверхности, подверженной коррозии, доступностью поверхности для очистки и окраски, отсутствием в ней щелей, пазух и карманов. Однако при этом необходимо принимать меры по обеспечению герметизации внутренних, не окрашиваемых поверхностей труб. Повышенная коррозионная стойкость позволяет снизить эксплуатационные расходы и увеличить срок эксплуатации сварных конструкций из труб;

- эстетичность и архитектурное совершенство конструкций из труб, а также широкая номенклатура сортамента производимых промышленностью труб, способствуют их применению как в типовых конструкциях, так и в уникальных сооружениях.

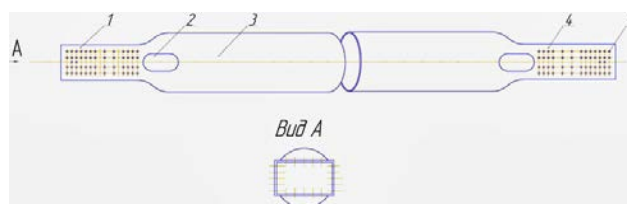
Подтверждением целесообразности использования трубчатых сечений могут служить башенные конструкции телевизионных центров, несущие конструкции морских буровых платформ и другие конструкции [2].

Для создания надежного и технологичного стержня металлической фермы предлагается использовать круглую трубу необходимого диаметра и толщины стенки, обеспечивающих прочность и устойчивость сжатого и сжато-растянутого стержня [3]. Для присоединения круглого стержня к узлу фермы предлагается деформировать концы трубы и преобразовать их в прямоугольное сечение и прикреплять стержни в узлах к развитым по высоте фасонным листам (фасонкам) на фрикционных высокопрочных болтах, сохраняя существующую схему расположения отверстий под болты, что позволяет использовать существующие на мостовых

заводах кондукторы для сверления отверстий.

Поскольку схема крепления трубчатых стержней сохраняется прежняя, как и в сварных стержнях, то усилия в узлах также будут передаваться через боковые грани трубчатых стержней, но поскольку зона крепления стержня сформована в горячем состоянии из стенки сплошной трубы, то в зоне перехода от вертикальной к горизонтальной грани концентрация напряжений будет ниже, чем в сварном соединении, где уровень растягивающих остаточных сварочных напряжений достигает предела текучести, что в свою очередь резко снижает циклическую работоспособность сварных стержней. Трубчатый стержень с деформированными концами свободен от такого отрицательного фактора снижения циклической работоспособности и, следовательно, его многоцикловая работоспособность и надежность длительной работы при одинаковых площадях поперечных сечений в сравнении со сварным стержнем будет несомненно выше.

На рисунке 1 изображен трубчатый стержень моста с деформированными в прямоугольный профиль концами и с вырезанными окнами 2, через которые устанавливаются соединительные болты в монтажные отверстия 5 для соединения стержня с узловыми фасонками.



1 – деформированный конец стержня; 2 – монтажные окна;  
3 – труба сварная с продольным швом;  
4 – деформированный конец стержня; 5 – отверстия для соединения стержня в узел фермы на монтаже  
Рисунок 1 – Трубчатый стержень моста

Такие стержни для мостов средних пролетов не будут иметь рабочих (расчетных) стыковых сварных соединений для удлинения трубы стандартной длины ( $L_{max} = 12$  м), разрушение которых влекло бы за собой выход из строя конструкции. Стержни будут иметь только один продольный связующий стыковой сварной шов трубы, выполняемый автоматом на трубопрокатном заводе при изготовлении трубы. При действии усилия вдоль оси шва по СниП 2.05.03-84. «МОСТЫ и ТРУБЫ», (Приложение 17, Таблица 1, п.9) эффективный коэффициент концентрации напряжений  $\beta = 1$ , т.е. концентрации напряжений такой шов не вызывает, являясь связующим швом, что эквивалентно стержню без сварных швов. Перед деформированием концов стержня сориентировать стержень так, чтобы стыковой сварной шов был расположен на плоскости без отверстий под болты. Такая ориентация позволит быть продольному шву трубы действительно связующим и находиться в зоне меньших напряжений. Работоспособность таких



стержней в сравнении со сварными коробчатого сечения будут выше, так как отсутствует скопление сварных швов и будет значительно ниже уровень внутренних остаточных сварочных напряжений, наличие которых всегда снижает циклическую работоспособность а также приводит к различным деформациям (перемещениям) в виде изгиба или винтообразности, которые приходится править. Кроме повышения работоспособности значительно снижается трудоемкость изготовления стержней и снижаются расходы сварочных материалов и электроэнергии.

Изготовление несущих элементов моста с трубчатыми стержнями может быть выполнено на существующих мостовых заводах без изменения технологии подготовки стержней к сборке узла с использованием существующей оснастки сверления отверстий по кондукторам.

### **Заключение**

Преимуществом решетчатого болто-сварного моста со стержнями из труб в сравнении с существующими типовыми проектами является:

- повышение работоспособности пролетного строения со стержнями из труб при одинаковых нетто сечениях стержней, т.к. труба имеет больший момент инерции по сравнению с прямоугольным (квадратным) сечением сварного стержня одинакового с трубой поперечного сечения и, значит, будет обладать большей устойчивостью при сжимающих нагрузках для длинных ( $L \geq 10$  м) сжатых стержней;

- ликвидируются работы по подготовке металла, его резке на полосы, обработке свариваемых кромок, сборке и сварке стержней на мостовом заводе;

- уменьшаются ветровые нагрузки на пролетное строение, поскольку аэродинамический коэффициент лобового сопротивления ( $c_w$ ) круглого стержня равен  $c_w = 1,4$ , что значительно меньше, чем для типовых мостов при езде понизу ( $c_w = 2,15$ ) (СНиП 2.05.03-84. Приложение 9);

- коррозия круглых стержней уменьшится по сравнению с двутавровыми и коробчатыми с вырезами, где скапливается влага, кроме того, внутреннюю полость трубчатых стержней можно заглушить по концам полимерными вспенивающимися материалами, уменьшая общую площадь покраски моста при эксплуатации.

Замена сварных коробчатых стержней на трубы для типового железнодорожного моста пролетом 66 м сокращает на мостовом заводе длину двусторонних угловых швов типа У7 при сварке под флюсом  $\approx 1800$  метров при этом снижается расход сварочной проволоки  $\approx 2700$  кг, сварочного флюса  $\approx 3000$  кг и уменьшается расход электроэнергии на сварочные работы на  $\approx 10000$  квт·час.

Для реализации проекта потребуются термическое оборудование в виде печи нагрева концов труб на длине  $L \leq 1000$  мм до температурыковки стали  $T \geq 850^\circ\text{C}$  а также ковочная машина для деформации концов труб в прямоугольное (квадрат-

ное) сечение. Необходимые печи нагрева на мостовых заводах обычно имеются и используются для изготовления высокопрочных болтов.

Трубопрокатные заводы России по ГОСТ 20295-85 [4] выпускают трубы сварные диаметром 530 – 820 мм с толщиной стенки до 24 мм из низколегированных сталей классов прочности К50 и К60 в которых в термообработанном состоянии сварного шва обеспечивается ударная вязкость при температуре минус  $60^\circ\text{C}$   $KCU = 39,2$  Дж/см<sup>2</sup>, что соответствует необходимым механическим свойствам мостовых сталей марок 15ХСНД и 10ХСНД и требованиям к их сварным соединениям. Для выпуска труб из указанных выше сталей для мостостроения достаточно требований ГОСТ 20295-85, так по п. 2.2 «Марка стали выбирается предприятием-изготовителем труб с учетом требований по нормам механических свойств и ограничений по предельному содержанию элементов для низколегированной стали – ГОСТ 19281-89» [5]. Это значит, что трубопрокатчики не нарушая ГОСТ 20295-85, по согласованию с мостостроителями могут изготовить трубы из сталей 15ХСНД и 10ХСНД классов прочности соответственно С345 и С390 с достаточной прочностью и хладостойкостью для мостостроения.

### **Выводы**

Показана принципиальная возможность замены сварных коробчатых стержней сварными трубами с продольным швом.

Прочность и устойчивость трубчатого стержня при равных площадях поперечного сечения однозначно выше, чем у коробчатого стержня.

Переход на трубчатый профиль экономически выгоден для мостостроительной индустрии, экономия сварочных материалов, электроэнергии и трудозатраты.

### *Список литературы*

1 Петропавловский А. А., Богданов Н. Н., Бондарь Н. Г. и др. Проектирование металлических мостов : учебник / под ред. А. А. Петропавловского. М. : Транспорт, 1982. 320 с.

2 Гарф Э. Ф., Снисаренко В. В. Разработка и применение сварных конструкций из труб // Автоматическая сварка. 2008. С. 32-37.

3 Патент на полезную модель № 72703. Стержень решетчатого моста. Авторы Казаков С. И., Полухин В. В., Сидоров В. К., Тимошенко О. И. Приоритет полезной модели от 02.05.2007 г.

4 ГОСТ 20295-85 Трубы стальные сварные для магистральных газонефтепроводов. Технические условия.

5 ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия.

С.В. Колмаков

ГБУДО «Детско-юношеский центр», г. Курган

## ФРИКЦИОННАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ ПЕРЕДАЧА ТИПА К-V-V

**Аннотация.** В статье рассмотрена конструкция новой фрикционной планетарной передачи. Она содержит эпициклический каток с внутренней рабочей поверхностью и расположенные внутри него сателлиты наружной и центральной групп. Наибольший сателлит наружной группы является ведомым. Ведущим может быть любой другой сателлит. Отсутствие единого водила позволяет значительно увеличить длину катков и тем самым повысить нагрузочную способность передачи, не увеличивая ее радиальные габариты.

**Ключевые слова:** фрикционная планетарная передача, сателлиты, водило, поводок, передаточное отношение.

S. V. Kolmakov

Kurgan Children and Youth Centre

## THE K-V-V FRICTION PLANETARY GEAR

**Annotation.** The article describes the design of a new planetary friction transmission. It contains epicyclic rink with internal working surface and inboard-located satellites of outer and central groups. The largest satellite of the outer group is a driven one. The leading one could be any other satellite. The lack of a single carrier allows increasing the length of the rollers and, thereby, to increase the power transmission without increasing its radial dimensions.

**Keywords:** friction planetary gear, satellites, aplanetary carrier, guide, gear ratio.

Фрикционные передачи, как правило, уступают зубчатым в нагрузочной способности. Однако имеются технические задачи, при решении которых свойства планетарных фрикционных передач (выравнивание нагрузки по сателлитам и вдоль осей катков), делают фрикционную передачу более предпочтительной по сравнению с зубчатыми. В первую очередь, это касается редукторов, для которых необходимо минимизировать радиальный габаритный размер.

Нами подана заявка на изобретение [1], в котором предлагается новая фрикционная передача с самонатяжением катков, предназначенная специально для использования в скважинном оборудовании. По классификации В.Н. Кудрявцева [2] эту передачу можно отнести к планетарным передачам типа К-V-V.

Аналогами предлагаемого устройства являются фрикционные планетарные передачи [US 1093922 (fig.2), DE 665767, GB 1311186, SU 528405 и др.], обладающие свойством самонатяжения фрикционных контактов в плоском контуре. Они содержат: эпициклический центральный каток с внутренней фрикционной поверхностью солнечный центральный каток с наружной фрикционной поверхностью; сателлиты, расположенные между двумя центральными катками в два слоя, причем сателлиты внутреннего слоя взаимодействуют с солнечным катком, а сателлиты внешнего слоя взаимодействуют с эпициклическим катком и сателлитами внутреннего слоя; водило, шарнирно связанное с сателлитами внутреннего или внешнего слоя. Основным недостатком данной схемы является малый допуск на изменение размеров тел качения, которое может иметь место в результате износа и упругой деформации. При самом незначительном уменьшении диаметров тел качения сателлиты внешнего слоя «провалятся» между сателлитами внутреннего слоя и эпициклическим катком. Таким образом, подобные передачи ненадежны. Кроме того, как и большинство фрикционных передач, эти передачи имеют сравнительно небольшую нагрузочную способность. Наличие сложной в изготовлении детали – водила, само по себе является фактором, увеличивающим трудоемкость изготовления и стоимость редуктора.

Существуют фрикционные передачи с самонатяжением [US 1093922 (fig.3), US 3380312, US 3848476, US 3945270, US 4481842, GB 1461104, WO 2004/029480 и др.], содержащие: эксцентричный эпициклический каток с внутренней цилиндрической фрикционной рабочей поверхностью и солнечный каток с внешней цилиндрической фрикционной рабочей поверхностью; три ролика-сателлита разного диаметра, взаимодействующие с солнечным и эпициклическим катками; рычажное звено – стойку или водило, несущее оси, на которых закреплены два ролика, и упор для третьего ролика. К износу тел качения такие передачи значительно менее чувствительны, чем предыдущие. Недостатками данной схемы остаются сравнительно небольшая нагрузочная способность передачи и наличие нетехнологичной детали – водила.

Наиболее близкой предлагаемой по конструкции является фрикционная планетарная передача [US 3380312 (fig.6)] – (прототип), которая содержит: эпициклический каток с внутренней рабочей поверхностью, солнечный каток с внешней рабочей поверхностью, водило и тройку сателлитов, расположенных между эпициклическим и солнечным катками, два из которых шарнирно связаны с водилом, а третий, имеющий наибольший диаметр, является плавающим. Недостатки этой схемы, как и предыдущих, состоят в невысокой нагрузочной способности передачи и наличии нетехнологичной детали – водила. Увеличение осевого размера редуктора повышает его нагру-

зочную способность, но лишь до определенного предела, обусловленного жесткостью и прочностью водила.

Технический результат, достигаемый в изобретении – повышение нагрузочной способности передачи без увеличения радиальных габаритов, а также упрощение ее конструкции и устранение нетехнологичных деталей.

Предлагаемая фрикционная планетарная передача показана на рисунках 1 и 2. Она содержит кольцо 1 с внутренней рабочей поверхностью. В данной конструкции это кольцо является неподвижным. Остальные катки фрикционной передачи – сателлиты. Они имеют внешнюю рабочую поверхность, расположены внутри центрального кольца и совершают планетарное движение. Все сателлиты делятся на две группы: наружную и центральную. В данной конструкции непосредственно взаимодействуют с кольцом 1, т.е. составляют наружную группу, сателлиты 3, 4, 5. Сателлит 2 представляет центральную группу сателлитов. Он взаимодействует только с сателлитами наружной группы.

Новизна состоит в том, что ведомым звеном передачи является наибольший сателлит наружной группы, т.е. сателлит 3. Ведущим звеном может быть любой другой сателлит, однако, наибольшее передаточное отношение и КПД механизма достигается в том случае, когда ведущий сателлит относится к центральной группе сателлитов. В данной конструкции ведущий – сателлит 2. Прочие сателлиты являются промежуточными звеньями, они не нагружены крутящим моментом. В данной конструкции промежуточные – сателлиты 4, 5. Ведомый сателлит 3 закреплен на валу 6 при помощи шлицев. Сателлиты 4, 5 служат опорой для ведущего сателлита 2. Для предотвращения осевого перемещения подвижных частей передачи, на остановленном кольце 1 закреплены реборды 7 (рисунок 2). Ведомый вал 6 удерживается от перемещения в осевом направлении стопорным кольцом 8. Ведущий плавающий сателлит 2 от осевого перемещения удерживают шайба 9 и стопорное кольцо 10. Опорные (промежуточные) сателлиты 4, 5 связаны между собой поводком – поводком 11. Этот элемент не нагружен крутящим моментом, что позволяет выполнить его компактным и легким. В данной конструкции сателлиты наружной группы состоят из отдельных роликов (рисунок 2), установленных соосно друг другу, а поводок 11, связывающий промежуточные сателлиты 4, 5, выполнен в виде отдельных пластин, расположенных между роликами и объединенных общими осями 12, проходящими через центры промежуточных сателлитов 4, 5.

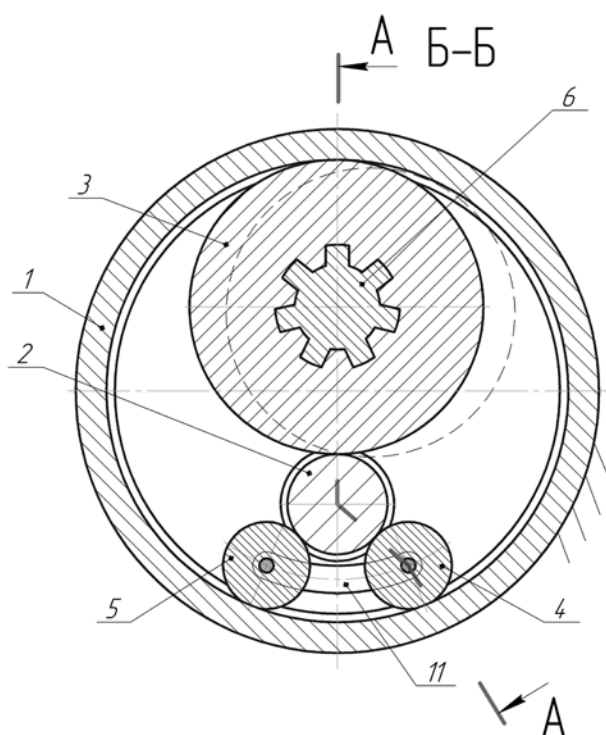


Рисунок 1 – Фрикционная планетарная передача. Главный вид

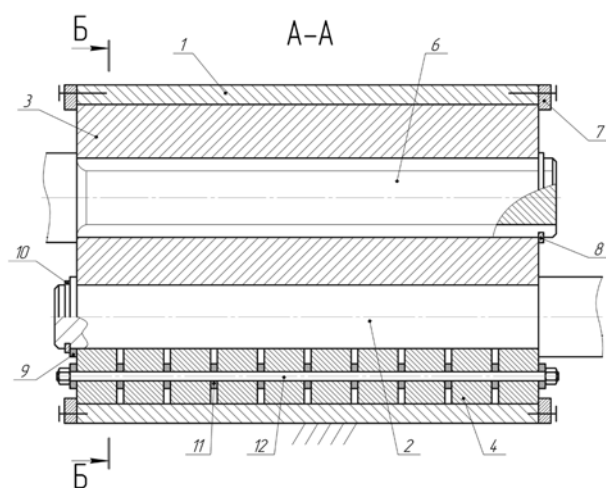


Рисунок 2 – Фрикционная планетарная передача. Осевой разрез

Передача работает следующим образом. Ведущий сателлит 2 центральной группы за счет сил трения передает вращение сателлитам 3, 4, 5 наружной группы, которые обкатываются по остановленному кольцу 1. Вращающий момент снимается с наибольшего сателлита 3 наружной группы. Оси ведущего 2 и ведомого 3 сателлитов совершают планетарное движение, поэтому, для подачи и снятия вращающего момента используются устройства, компенсирующие несоосность (например, карданный вал, муфта Ольдгема), которые на фигурах не показаны. Самонапряжение, необходимое для возникновения сил трения между звеньями передачи, обеспечивается «плаванием» сателлита 3. Сателлит 3 за счет сил трения



отклоняется (на рисунке 1 показано пунктиром), внедряясь в клиновое пространство, образуемое звеньями 1, 2.

Передаточное отношение механизма вычисляется по формуле:

$$i_{2-3o1} = (1 + (d_1 / d_2)) / (1 - (d_1 / d_3)),$$

где:  $d_1$  - диаметр остановленного кольца 1;

$d_2, d_3$  - диаметры ведущего 2 и ведомого 3 сателлитов.

Рациональный диапазон передаточных отношений  $i_{2-3o1}$  от -3 до -20 (т.е. направление вращения меняется на противоположное).

На рисунках 1 и 2 изображен пример фрикционной планетарной передачи, имеющей параметры:  $d_1 = 118, d_2 = 25, d_3 = 75$ . Ее передаточное отношение:

$$i_{2-3o1} = (1 + (118 / 25)) / (1 - (118 / 75)) = -10,03.$$

Отсутствие водила – детали сложной формы, изготовленной с высокой точностью и нагруженной большим крутящим моментом, во-первых, упрощает конструкцию и снижает трудоемкость изготовления передачи, во-вторых, позволяет увеличить длину катков и, тем самым, повысить нагрузочную способность передачи, не увеличивая ее радиальные габариты. Имеющаяся перемычка между промежуточными сателлитами, во-первых, значительно проще водила по конструкции, во-вторых, не нагружена крутящим моментом, а ее жесткость и прочность не лимитируют крутящий момент, который выдерживает передача.

Конструкция деталей передачи позволяет сделать редуктор весьма длинным. Нагрузочная способность такого фрикционного планетарного редуктора будет соизмерима с нагрузочной способностью зубчатого планетарного редуктора равных радиальных габаритов. Особенность предложенной передачи К-V-V состоит в том, что все три оси ведущего, ведомого и опорного колес не совпадают друг с другом. В некоторых ситуациях указанное обстоятельство может рассматриваться как недостаток механизма, в других случаях это свойство передачи не является недостатком.

В передачах, изображенных на рисунках 3 и 4, наружная группа сателлитов содержит три и пять опорных катков, соответственно. Это увеличивает нагрузочную способность редуктора.

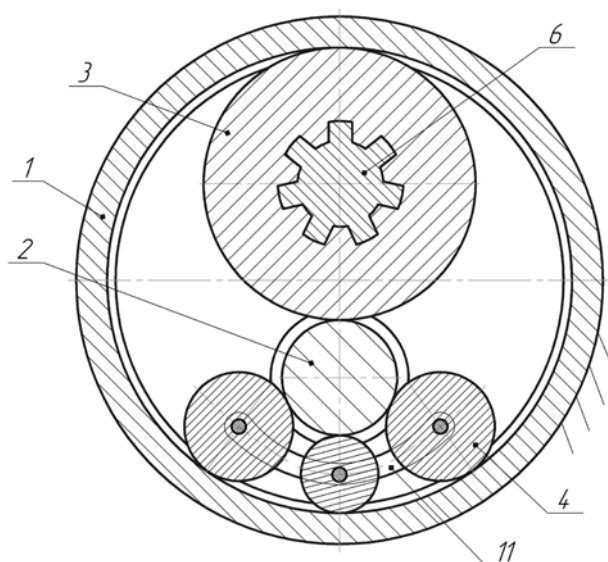


Рисунок 3 – Фрикционная планетарная передача. Вариант

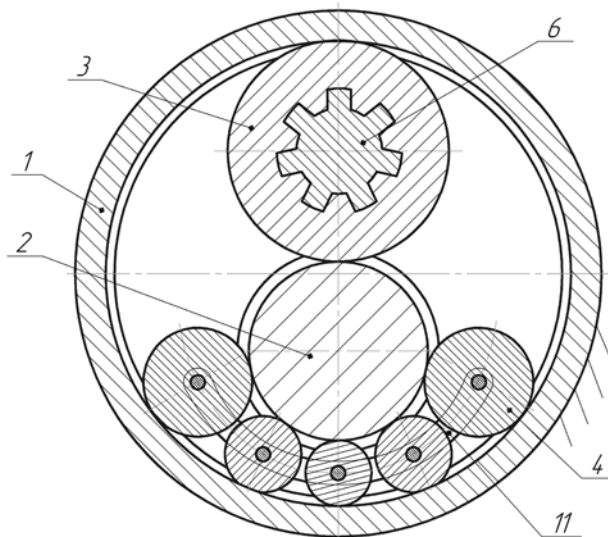


Рисунок 4 – Фрикционная планетарная передача. Вариант

В конструктивном варианте передачи (рисунки 5 и 6) с ведущим сателлитом, принадлежащим к центральной группе, промежуточные сателлиты 13, 14, 15 наружной группы выполнены состоящими из отдельных колец, установленных соосно друг другу, и связаны между собой круглыми стержнями 16, расположенными внутри этих колец. При этом круглые стержни 16 играют роль перемычки, соединяющей промежуточные сателлиты. Такая конструкция перемычки, связывающей промежуточные сателлиты, позволяет снизить потери на трение и повысить износоустойчивость редуктора.

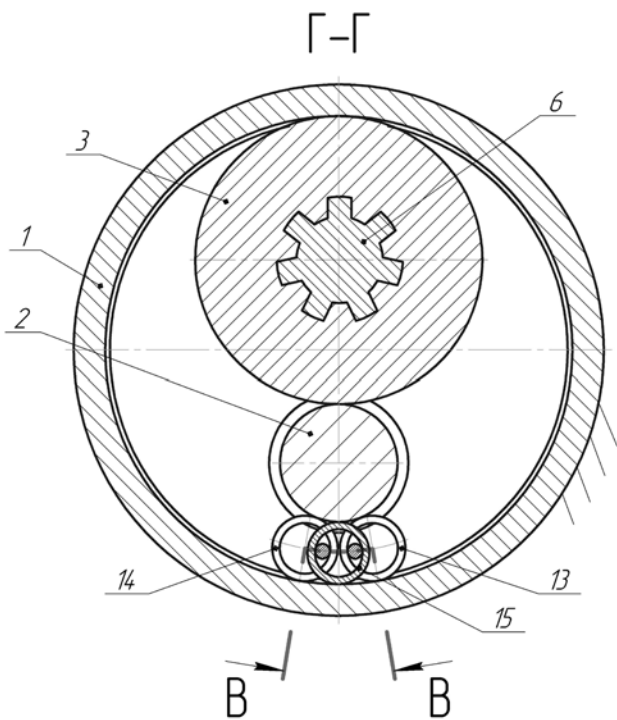


Рисунок 5 – Фрикционная планетарная передача. Вариант

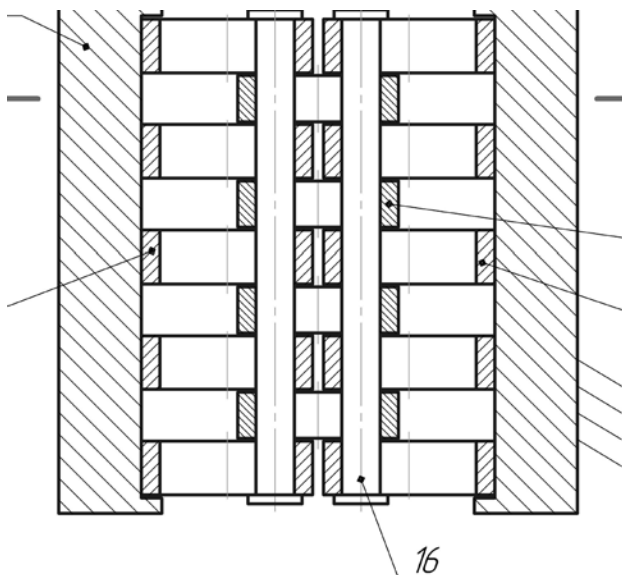


Рисунок 6 – Фрикционная планетарная передача. Осевой разрез

В некоторых приводах требуется однонаправленное вращение ведущего и ведомого валов (рисунок 7). Для обеспечения этого условия ведущий сателлит 17 относится к наружной группе сателлитов. В одном из конструктивных вариантов такой схемы перемика, связывающая промежуточные сателлиты 18, 19, выполнена в виде поводка 20, шарнирно соединенного с каждым из сателлитов центральной группы.

Передаточное отношение такого механизма рассчитывается по формуле:

$$i_{17-301} = (1 - (d_1 / d_{17})) / (1 - (d_1 / d_3)).$$

Диапазон передаточных отношений  $i_{17-301}$  от +1 до +16.

В примере, показанном на рисунке 7:  $d_1 = 118$ ,  $d_{17} = 20$ ,  $d_3 = 82$ .

$$i_{22-301} = (1 - (118 / 20)) / (1 - (118 / 82)) = 11,39.$$

Таким образом, передача осуществляет однонаправленное вращение ведущего и ведомого валов.

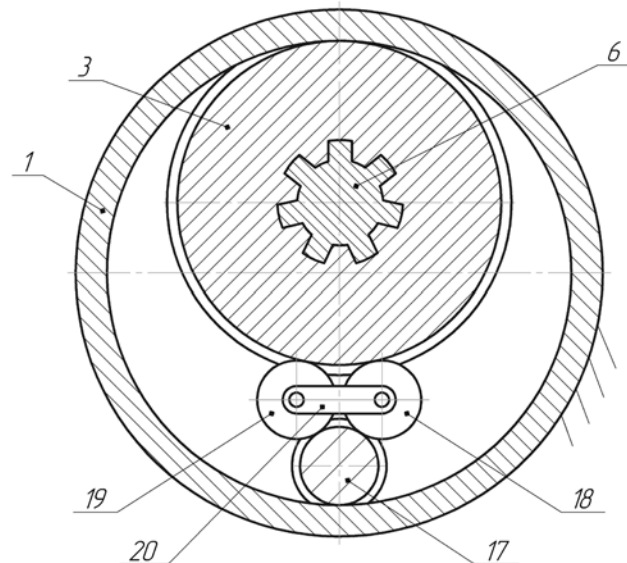


Рисунок 7 – Фрикционная планетарная передача с однонаправленным вращением ведущего и ведомого звеньев

В другом конструктивном варианте передачи (рисунок 8) с ведущим сателлитом 17, принадлежащим к наружной группе, промежуточные сателлиты 21, 22, 23 центральной группы состоят из отдельных колец, установленных соосно друг другу. Они связаны между собой круглыми стержнями 16, расположенными внутри этих колец (т.е. круглые стержни 16 играют роль перемишек, соединяющих промежуточные сателлиты). Данная конструкция позволяет снизить потери на трение и повысить ресурс редуктора.

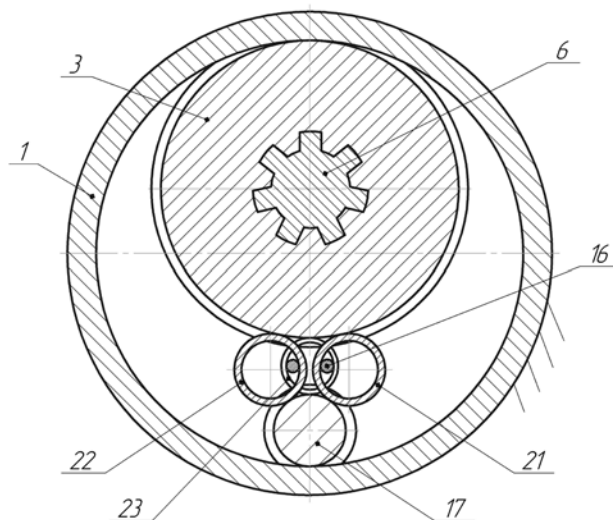


Рисунок 8 – Фрикционная планетарная передача с однонаправленным вращением ведущего и ведомого звеньев. Вариант

#### Заключение

Главным достоинством фрикционной планетарной передачи типа К-V-V является отсутствие водила – детали сложной формы, изготовленной

с высокой точностью и нагруженной большим крутящим моментом. Это, во-первых, упрощает конструкцию и снижает трудоемкость изготовления передачи, во-вторых, позволяет увеличить длину катков и, тем самым, повысить нагрузочную способность передачи, не увеличивая ее радиальные габариты. Особенность предложенной передачи K-V-V состоит в том, что все три оси ведущего, ведомого и опорного колес не совпадают друг с другом. Предполагается использование передачи в редукторах, для которых необходимо минимизировать радиальный габаритный размер при достижении максимального крутящего момента, например, в редукторах скважинного оборудования.

#### Список литературы

- 1 Заявка 2016113781 РФ, МПК F 16 H 1/36, F 16 H 57/023. Фрикционная планетарная передача / Волков Г. Ю., Колмаков С. В. ; заявитель и патентообладатель Курганский государственный университет; заявл. 11.04.2016.  
2 Кудрявцев В. Н. Планетарные передачи : 2-е изд. Л. : Машиностроение, 1966. 308 с.

УДК 629.322.2

**В.Г. Котельников, Г.Ю. Волков**  
**Курганский государственный университет**

## ВЕЛОСИПЕД ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ

**Аннотация.** В статье проанализированы недостатки классического велосипеда и известных лигерадов. В результате предложена конструкция нового лигерада, при разработке которой преследовалась цель получения максимально комфортной посадки, сохраняя проходимость, маневренность и вес классического велосипеда.

**Ключевые слова:** велосипед, лигерад, рикамбент, эргономика, амортизация кресла.

**V.G. Kotelnikov, G.Y. Volkov**  
**Kurgan State University**

## LUXURY BIKE

**Annotation.** The article analyses the disadvantages of the classic bikes and the known recumbents. Consequently, the design of a new recumbent was proposed. In the development, the goal was to get the maximum comfortable fit, while maintaining the manoeuvrability, agility and weight of a classic bike.

**Keywords:** bike, recumbent, ergonomics, cushioning of a seat.

Классическая конструкция велосипеда долгое время воспринималась обществом как нечто идеальное и незыблемое, между тем она имеет немало недостатков.

Главный недостаток обычного велосипеда – это его седло. Человеческий организм не рассчитан на то, чтобы всем весом сидеть на паховой области. Низкая физиологичность велосипедного седла ведет к нарушению кровообращения органов малого таза, как у мужчин, так и у женщин. Указанные проблемы можно снизить за счёт использования седел специальной конструкции, однако, такие седла мало распространены, не очень удобны и некрасивы.

При низкой посадке спортсмены испытывают повышенную нагрузку на позвоночник. У них оказываются перегружены также руки. В прочем, каждый велосипедист при длительных поездках на простом велосипеде с достаточно прямой посадкой тоже может чувствовать дискомфорт и боль в спине, шее. Это происходит из-за нефизиологичной позы человека.

Еще одним существенным недостатком классического велосипеда (на котором человек движется головой вперед) является то, что падения с него очень болезненны и травмоопасны.

Классической конструкции велосипеда существует альтернатива, это лигерады (нем.), или рикамбенты (англ.), т.е. «лежачие велосипеды». К сожалению, развитие этой ветви велостроения пошло, главным образом, в направлении достижения максимальных скоростей (рисунок 1). Кстати, на данный момент, рекорд скорости на лигераде с обтекателями составляет 139 км/ч.



Рисунок 1 – Спортивный короткобазовый лигерад

Существующие лигерады делятся на короткобазовые (пример показан на рисунке 1) и длиннобазовые (рисунок 2). Лигерады более физиологичны, чем классический велосипед) более быстры, но также имеют свои недостатки.

У короткобазовых:

- + ограничен обзор (в связи с этим – низкая безопасность).
- + плохая маневренность.
- + плохая проходимость,
- + они требуют специальную обувь, пристёгивающуюся к педалям (в противном случае, человек выскальзывается вверх из седла при давлении на педали.)



- + на них сложно стартовать и спешиваться.
- + они очень габаритны и большинство из них имеет большой вес.

Длиннобазовые лигерады в настоящее время промышленно не выпускаются и встречаются редко. Отдельные же конструкции таких лигерадов, известные по патентам, или изготовленные в кустарных условиях, не доведены до необходимого уровня технического и эстетического совершенства. Однако именно длиннобазовый лигерад принят в качестве прототипа для нашей разработки.

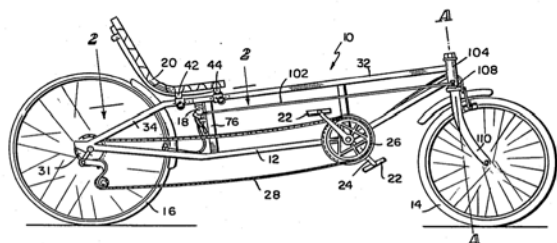


Рисунок 2 – Длиннобазовый лигерад (US 4527811)

Цель работы состояла в создании велосипеда, превосходящего аналоги в физиологичности, комфорте и безопасности, при сохранении основных ходовых характеристик, имеющего приятный внешний вид и приемлемую цену.

Среди известных длиннобазовых лигерадов (рикамбентов) наиболее удобной в эксплуатации и рациональной, с точек зрения технологичности и снижения веса, представляется конструкция, использованная, в частности, в патентах WO8101821 и US 4527811 (рисунок 2). Она содержит жесткую раму, поддерживающую оси приводного заднего колеса, поворотной передней вилки, руля и pedalной каретки. Основными несущими элементами этой рамы являются две горизонтальных трубы, расположенные одна под другой. Седло со спинкой закреплено на раме вблизи заднего колеса с возможностью регулирования осевого положения. Руль расположен под седлом и связан тягой с поворотной вилкой переднего колеса. Недостатком данной конструкции является отсутствие амортизации.

Известны двухколесные транспортные средства, в том числе рикамбенты (RU 2453463), с амортизированной маятниковой подвеской заднего колеса. Недостатком подобных систем является некоторое утяжеление конструкции, связанное с обеспечением необходимой прочности и жесткости, как рамы, так и маятниковой вилки заднего колеса.

Существуют телескопические (US 2756071) и маятниковые (DE 8714301) устройства, обеспечивающие амортизацию собственно седла велосипеда. Телескопические системы не сочетаются со спинкой седла рикамбента, так как горизонтальное усилие, действующее на спинку, будет заклинивать направляющую телескопической подвески седла, а при увеличении базы направляющей

возрастет вес устройства. Маятниковая подвеска седла при коротком маятниковом рычаге, шарнирно закрепленном на раме, вызовет нежелательное «кивание» спинки седла, а при длинном рычаге обеспечение требуемой жесткости системы приведет к увеличению ее веса.

Известна конструкция (RU 2434777) параллелограммной подвески седла велосипеда, которая включает подседельную балку, два поводка, наклоненных вперед, шарнирно связанных с подседельной балкой и рамой велосипеда, амортизатор, шарнирно связанный с передним концом подседельной балки и рамой. Недостаток данной конструкции обусловлен выбранным наклоном вперед поводков параллелограммного механизма, в силу чего седло не может быть приближено к заднему колесу. Это увеличивает габариты и вес велосипеда.

Существуют и другие конструкции параллелограммных подвесок седла велосипеда (DE 833455; FR 633091; WO 9962756; WO 2013033674). Они монтируются на подседельном штыре и имеют свои компоновочные особенности, поэтому, непосредственный перенос этих конструкций на рикамбент (лигерад) к законченным техническим решением не приводит.

С учетом проведенного патентного исследования, наша задача свелась к тому, чтобы оптимальным образом «вписать» параллелограммную амортизирующую подвеску седла, в конструкцию лигерада (рикамбента) – прототипа, выполненного по наиболее простой и проверенной схеме US 4527811.

Предлагаемый велосипед [1] (рисунок 3), подобно прототипу, содержит раму, состоящую из верхней 1 и нижней 2 горизонтальных труб, связанных между собой перемычкой 3, а также верхних 4 и нижних 5 перьев задней вилки. Рама несет ось заднего приводного колеса 6, поворотную вилку 7 переднего колеса 8, а также pedalную каретку 9. Седло 10 со спинкой расположено вблизи заднего колеса 6. Руль 11, расположен под седлом 10 и связан тягой 12 с поворотной вилкой 7 переднего колеса 8. Отличие состоит в том, что седло 10 шарнирно закреплено на наклоненных назад переднем 13 и заднем 14 рычагах, шарнирно связанных с рамой. Передний рычаг 13 дополнительно связан с рамой через амортизатор 15, который расположен между горизонтальными трубами 1 и 2 рамы. Амортизатор 15 образует шарнирные соединения с перемычкой 3 рамы и передним рычагом 13, причем, ось шарнира, связывающего передний рычаг 13 с амортизатором 15, расположена ниже оси шарнира, связывающего передний рычаг 13 с перемычкой 3 рамы.

Амортизирующая параллелограммная подвеска седла обеспечивает смягчение ударов в процессе движения по неровной дороге. При этом рычаги 13 и 14 наклоняются назад. Предельный вертикальный ход седла при ударах может достигать 60-70 мм. Горизонтальное смещение спинки

седла назад при педалировании с максимальной нагрузкой не превышает 5-7 мм.

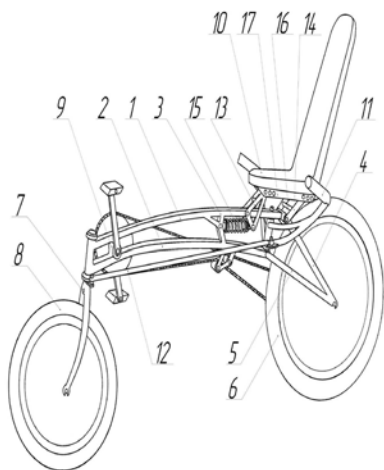


Рисунок 3 – Схема нового лигерада (RU 2016104017) [1]

Конструкция подвески соответствует компактному расположению узлов велосипеда. Благодаря наклону переднего и заднего рычагов назад, седло максимально приближено к заднему колесу, что снижает общую длину велосипеда. Амортизатор 15 «спрятан» между горизонтальными трубами 1 и 2 рамы. В результате, предлагаемый велосипед, имеет такие же габариты и вес, как прототип, который можно использовать только на гладких дорогах.

Для обеспечения возможности регулирования расстояния между седлом 10 и педальной кареткой 9 в соответствии с длиной ног человека, нижняя часть седла 10, сопряженная с передним 13 и задним 14 рычагами, выполнена в виде двух пластин 17, имеющих ряд отверстий. Для обеспечения возможности регулирования наклона спинки седла, пластины 17 имеют дополнительный ряд отверстий (на рисунке не показан), расположенный параллельно отверстиям основного ряда.

По соображениям оптимизации расположения педальной каретки и шарнира переднего рычага, а также общего дизайна конструкции, верхняя 1 и нижняя 2 горизонтальные трубы рамы выгнуты выпуклостью вверх с радиусом 1-2 м.

Новая компоновка и форма привычных узлов велосипеда, объединенных в одном аппарате (рисунки 4, 5) впервые позволяет лигераду сравниться с классическим велосипедом в практичности при ежедневном использовании и превзойти его по многим параметрам.

+ Развиваемая скорость, безусловно, зависит от физических возможностей человека. Однако в сравнении с классическим велосипедом скорость лигерадов всегда выше. В первую очередь, из-за более качественного приложения силы, лучших аэродинамических показателей и анатомичности, сказывающейся на общем физическом состоянии человека при длительной езде.



Рисунок 4 – Образец нового лигерада

+ Маневренность – ранее это было одним из самых слабых мест лигерадов. Новый лигерад не уступает классическому велосипеду, и даже превосходит его в маневренности на высокой скорости. Это достигается благодаря малому расстоянию между осью заднего колеса и седлом, а также расположению и форме руля. Широкий руль, находящийся непосредственно под седлом, служит не только для поворота переднего колеса, но и в качестве опоры для рук. Это позволяет эффективно управлять положением центра масс системы человек-велосипед, что существенно сокращает время выполнения манёвра.



Рисунок 5 – Маневренность нового лигерада

+ Проходимость – благодаря размерам колес и правильной развесовке, не уступает классическому велосипеду.

+ Эргономичность, удобство – одно из главных основополагающих преимуществ лигерадов. Посадку на новом лигераде скорее можно сравнить с посадкой человека в автомобиле, нежели с позой обычного велосипедиста. Спине удобно. Руки обычно расслаблены, но при необходимости на них можно опереться, разгружая позвоночник, или для гашения автоколебаний подвески, резонирующей с неровностями дороги.

+ Безопасность – существенно выше, чем на классическом велосипеде, главным образом из-за движения «вперед ногами», а не головой. Руль не мешает покинуть велосипед, при столкновении с препятствием. Еще одним неоспоримым плюсом в плане безопасности является тот факт, что земля находится ближе.

+ На первый взгляд покажется невероятным, но на лигераде можно спускаться с горы с углом недоступным классическому велосипеду. Чем круче гора, тем более вертикальное положение принимает человек, приближаясь к привычному положению при ходьбе, без риска «выпасть вперед через руль», как на классическом велосипеде.

+ Препятствия – немаловажным требованием к современному велосипеду, является возможность преодоления городских бордюров, не слезая с велосипеда. Если вы молоды и тренированы, то запрыгнете на бордюр, как на обычном велосипеде. Если нет – то, не покидая лигерад можно опустить ноги на землю, приподнять рукой переднюю часть велосипеда и «заползти» на бордюр. На обычном велосипеде этот «маневр» совершить гораздо труднее. На длиннобазовом лигераде, касаясь ногами земли, удобно остановиться перед перекрестком или пропуская пешеходов.

+ Компактность – общая длина нового лигерада лишь на 10 см больше длины среднего велосипеда. Неоспоримым преимуществом является возможность вертикального хранения лигерада в условиях дефицита пространства. При этом лигерад занимает площадь в полтора раза меньше, чем классический велосипед.

+ К сказанному нужно добавить, что новый лигерад имеет максимально возможную совместимость со стандартными велокомпонентами.

Новый лигерад будет полезен самому широкому кругу потребителей: людям, использующим велосипед как транспортное средство, туристам, спортсменам, занимающейся велоэкстримом, и людям, заботящимся о своем здоровье, в том числе пожилым.

*Список литературы*

1 Заявка на полезную модель РФ № 2016104017: МПК В62К 3/00; В62 J 1/04. Велосипед рикамбент / Котельников В. Г., Волков Г. Ю.; заявл. 08.02.2016.

УДК 621.01

**Н.Н. Крохмаль**  
**Курганский государственный университет**

## **КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ ГРУППЫ АССУРА В ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН**

**Аннотация.** В статье проводится критический анализ классического определения понятия групп Ассура, приводимого в учебной и на-

учной литературе. Выявлены противоречия и неполнота классического определения. Указаны причины противоречий и недостаточности определений.

**Ключевые слова:** рычажные механизмы, определение группы Ассура, противоречия в определении, неполнота определения.

**N.N. Krokhmal**  
**Kurgan State University**

## **CRITICAL ANALYSIS OF ASSUR GROUP DEFINITION IN THE THEORY OF MACHINES AND MECHANISMS**

**Annotation.** The article provides a critical analysis of the classical definition of Assur groups, cited in the educational and scientific literature. Contradictions and incompleteness of the classical definition elicited. The reasons for the definitions contradictions and inadequacy were stated.

**Keywords:** lever mechanisms, Assur groups definition, the contradictions in the definition, the incompleteness of the definition.

Любая наука при изучении объектов, принадлежащих к области её исследований, оперирует понятиями и определениями, априорно положенными в её основу. Научный метод предполагает, что базовые понятия и определения в любой науке должны быть непротиворечивы и адекватны объектам, изучаемым наукой.

В отечественной науке о рычажных механизмах (раздел теории механизмов и машин) наиболее известным и применяемым методом представления структуры рычажных механизмов является метод Ассура [1]. Главным элементом структурных моделей механизмов в данном методе является структурная группа – группа Ассура.

Приведём ряд определений из учебной литературы, широко используемой как в процессе обучения студентов, так и в научных исследованиях.

«Группой Ассура будем называть кинематическую цепь с нулевой степенью подвижностью относительно тех звеньев, с которыми входят в кинематические пары свободные элементы её звеньев, и не распадающуюся на более простые цепи, обладающие также нулевой степенью подвижности» [1].

«Кинематическая цепь, число степеней свободы которой относительно элементов её внешних кинематических пар равно нулю, называют структурной группой, если из неё нельзя выделить более простые кинематические цепи, удовлетворяющие этому условию» [2].

«Структурной группой называется кинематическая цепь, число степеней свободы которой равно нулю относительно элементов её внешних пар, причём группа не должна распадаться на более простые кинематические цепи, удовлетворяющие этому условию» [3].



Рассмотрим постулаты, составляющие эти определения.

Во-первых, из приведённых определений следует, что важнейшим условием существования групп Ассра (структурных групп) постулируется невозможность их сборки из более простых кинематических цепей. И в этом смысле группы Ассра должны быть простейшими – своеобразными атомами, из которых можно построить любой механизм. В этом можно усмотреть некоторую существенную аналогию со строением вещества, когда любая молекула химического вещества может быть получена из атомов различных химических элементов. Но оказалось, что атомы (неделимые) химических элементов имеют сложное строение.

Если продолжить аналогию, то атомы механизмов – группы Ассра, приведённые на рисунке 1, можно на практике составить из более простых кинематических цепей.

Более того, все группы Ассра приведённые в каталоге [4], как показывает опыт, можно составить из простых кинематических цепей. Отсюда можно заключить, что постулат о неразложимости, в определениях групп Ассра является в общем случае противоречивым и имеет искусственные ограничения.

Во-вторых, в классических определениях постулируется наличие в группах Ассра свободных элементов, которые могут образовать внешние кинематические пары. Внешние кинематические пары звенья групп Ассра образуют со звеньями, не входящими в их состав.

Внешние кинематические пары в группах Ассра на практике и по умолчанию разделяются на два вида. К первому виду относят внешние кинематические пары, с помощью которых группы присоединяется к другим звеньям механизма в порядке его образования. Условно их можно назвать начальными. Ко второму виду относят внешние кинематические пары, с помощью которых к группе присоединяются другие звенья механизма в порядке его образования. Условно их можно назвать конечными.

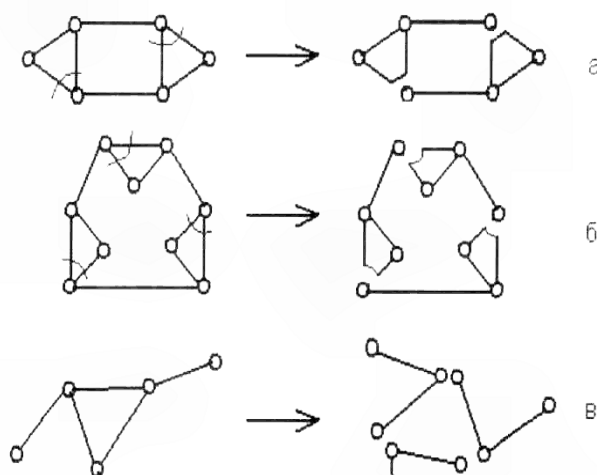


Рисунок 1 – Составление групп Ассра из простейших кинематических цепей

В определениях групп Ассра возможность наличия элементов конечных внешних кинематических пар никак не обозначается. Наоборот, при проведении структурного анализа механизмов элементы конечных внешних кинематических пар по умолчанию удаляются (пара В, рисунок 2), и, таким образом, у элемента начальной внешней кинематической пары следующей группы Ассра нет сопрягаемого элемента. При изучении структурного анализа рычажных механизмов суть этого явления не находит логического объяснения, а лишь констатируется, что элемент надо удалить, чтобы расчёт степени свободы удовлетворял классическому определению группы Ассра. При этом удаление элементов конечных внешних кинематических пар производится во многом интуитивно, а не алгоритмически. В этом аспекте можно констатировать, что классические определения групп Ассра являются неполными.

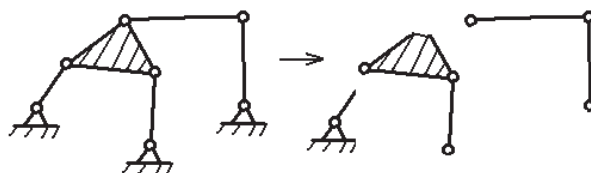


Рисунок 2 – Виды внешних кинематических пар групп Ассра. А, С – внешние кинематические пары начальные, В – внешняя кинематическая пара конечная

В-третьих, определение группы Ассра относится к объектам изучения – рычажным механизмам. В теории механизмов [1] звено определяют как жёсткую систему группы деталей. Там же рассматривается одномерное звено с двумя элементами для образования двух кинематических пар. В теоретической механике рычаг теоретически определяется как одномерная балка [5]. Логично было бы полагать, что рычажные механизмы состоят из рычагов, определяемых именно таким образом. С другой стороны в теории рычажных механизмов [1] по умолчанию в качестве рычага используются звенья, образующие три и более кинематических пары – многопарные звенья. Такие звенья с позиции теоретической механики не являются рычагами, и могут быть представлены в виде рычажных ферм (рисунок 1) [6]. Приведённые выше определения групп Ассра не конкретизируют номенклатуру звеньев, из которых состоят группы Ассра и не ограничивают число кинематических пар у многопарных звеньев. Такое положение неоправданно усложняет структурную модель групп Ассра и рычажных механизмов, носит искусственный характер и свидетельствует о неполноте определений в этом аспекте.

Конструктивный подход к устранению указанных противоречий и неполноты в определениях группы Ассра был предложен нами в работах [7; 8]. Работы прошли рецензирование в между-

народном научном сообществе. Конструктивный подход имеет практический выход для кинематического исследования и проектирования плоских рычажных механизмов [9; 10].

#### Выводы

Классическое определение групп Ассура является противоречивым и неполным, а значит не удовлетворяет критериям научного метода.

Классическое определение групп Ассура, не отвечающее критериям научного метода, препятствует развитию теории и практике проектирования рычажных механизмов.

Требуется выработка нового определения групп Ассура, являющегося непротиворечивым и полным. Такое определение можно выработать на основе изучения структурных свойств групп Ассура.

#### Список литературы

- 1 Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1975. 640 с.
- 2 Теория механизмов и механика машин: учеб. для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др.; под ред. К. В. Фролова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1998. 496 с.
- 3 Курс теории механизмов и машин: учеб. для вузов / Левитский О. Н., Левитская Н. И. М.: Высшая школа, 1978. 269 с.
- 4 Пейсах Э. Е. Каталог восьмизвенных плоских групп Ассура. Теория механизмов и машин. 2007. № 2(10). С. 15-27.
- 5 Курс теоретической механики. Ч. 1. Статика: Учеб. для вузов / Яблонский А. А., Никифорова В. М. 5-е изд., испр. М.: Высшая школа, 1977. 368 с.
- 6 Молдабеков М. М., Кулешов А. К., Уалиев Г. У. Математическое моделирование динамики механизмов и машин. Алматы: Казахский университет, 1998. 204 с.
- 7 Krokmal N. Structural synthesis of kinematic chains of lever mechanisms // Proceedings of 13th National Conference on Mechanisms and Machines (NaCoMM07), IISc, Bangalore, India, December 12-13, 2007. P. 149-155. <http://nacomm07.ammindia.org/Contents/papers/NaCoMM-2007-033.pdf>
- 8 Krokmal N., Krokmal O. Structural synthesis of kinematic chains of lever mechanisms // Proceedings of 13th World Congress of IFToMM 2011 Mexico, June 19-23, 2011. – A11-376. ISBN978-607-441-131-7. URL: [http://somim.org.mx/conference\\_proceedings/index.html](http://somim.org.mx/conference_proceedings/index.html)
- 9 Крохмаль Н. Н. Кинематический анализ групп Ассура в связи с их структурными свойствами // Известия Челябинского научного центра УрО РАН, 2003. №1(18). С. 1-6. URL: <http://csc.ac.ru/news/>
- 10 Крохмаль Н. Н., Крохмаль О. Н. Метод оптимизационного кинематического синтеза плоских рычажных механизмов на примере восьмизвенного механизма. Вестник ЮрГУ. Серия машиностроение. Вып. 17. № 11(228). 2011.

УДК 612.19

**О.Ю. Моисеев, ООО «Мостпроект», Курган  
Д.Н. Парышев, ЗАО «Курганстальмост»  
г. Курган**

**И.Г. Овчинников, Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

**В.В. Харин, Курганский институт железнодорожного транспорта**

**И.И. Овчинников, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Сочинский филиал**

## **ПРЯМЫЕ ТРУБОБЕТОННЫЕ БАЛКИ С АСИММЕТРИЧНЫМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫМ БЕТОННЫМ ЯДРОМ ДЛЯ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ МОСТОВ**

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования в пролетных строениях малых мостов балочной конструкции трубобетона с асимметричным предварительно напряженным бетонным ядром. С целью снижения стоимости прямой трубобетонной балки предлагается в качестве металлической трубчатой оболочки использовать старогодные нефтегазовые трубы. Применение частичного предварительного напряжения бетонного ядра позволяет управлять напряженным состоянием прямой трубобетонной балки.

**Ключевые слова:** малые мосты, пролетные строения, трубобетон, армирующие элементы, бетонное ядро, внецентренное сжатие, металлическая оболочка.

**O.Yu. Moiseev, Open JSC «Mostproekt», Kurgan  
D.N. Paryshev, CJSC «Kurganstalmost», Kurgan  
I.G. Ovchinnikov, Perm National Research  
Polytechnic University, Perm**

**V.V. Kharin, Kurgan Institute of Railway Transport,  
Kurgan**

**I.G. Ovchinnikov, Moscow Automobile and Road  
Construction State Technical University (MADI),  
Sochi branch**

## **STRAIGHT TUBE CONFINE CONCRETE BEAMS WITH ASYMMETRIC PRESTRESSED CONCRETE CORE FOR SUPERSTRUCTURES OF SMALL BRIDGES**

**Annotation.** The article considers the possibility of use of tube confine concrete beam construction with asymmetrical previously strained concrete core in the superstructures of small bridges. For

*reducing the cost of tube confine concrete beams is proposed to use reclaimed oil and gas pipes as a metallic tubular envelopment. The use of partial prestressing of the concrete core allows controlling the stress condition of straight tube confine concrete beams.*

**Keywords:** small bridges, superstructures, tube confine concrete, reinforcing element, concrete core, eccentrical compression, metal envelopment.

На федеральной сети автомобильных дорог общего пользования РФ расположено 41,8 тыс. мостовых сооружений. Большинство таких сооружений относятся к категории малых и средних мостов, построенных 1960-1970-х годах по действующим в то время нормам проектирования. В настоящее время в качестве проектных используются большие нагрузки А14 и Н14. Но на дорогах общего пользования все еще эксплуатируются мосты, построенные по более старым нормам.

В последнее время происходит прогрессирующее ухудшение состояния мостов на дорогах общего пользования. Так, анализ материалов обследования малых и средних мостов показывает, что целый ряд повреждений носит массовый характер: неисправность гидроизоляции и деформационных швов, размыв опор и устоев, выход из строя опорных частей и т.д. Но наиболее важным, с точки зрения эксплуатационных свойств, является состояние пролетных строений.

В настоящее время возрастает потребность в сооружении надежных и недорогих малых автомобильных мостов. В первую очередь это связано с тем, что для развития экономики по всей стране должно развернуться массовое строительство автомобильных дорог, что потребует возведения большого количества малых мостов.

Наиболее простые и экономичные мостовые сооружения – малые мосты балочной системы, где главными элементами являются опоры и пролетные строения. При этом пролетные строения, как правило, самые сложные и дорогие элементы в малых мостах, которые в значительной мере определяют общую стоимость мостового сооружения.

Предлагаемая авторами перспективная и экономически выгодная трубобетонная балка с применением старогодных труб, которая может эффективно работать в пролетных строениях малых мостов, представлена на рисунке 1.

Конструкции с использованием трубобетонных элементов начали широко применяться в промышленности и в гражданском строительстве более 70-ти лет назад. Трубобетон представляет собой бетон, заключенный в металлическую трубу. Но, как показывает мировой опыт использования прямых трубобетонных балок (у которых отсутствует кривизна их осей) всегда ограничиваются конструкциями, где балки применяются или в качестве колонн, или в качестве опор. При этом обеспечивается осесимметричное или вне-

центренное нагружение сжатием трубобетонной конструкции, у которой бетонное ядро работает в условиях объемного сжатия.

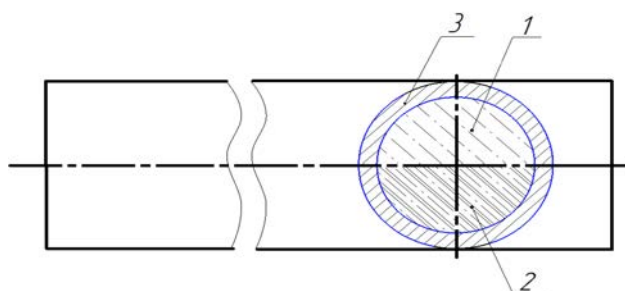


Рисунок 1 – Прямая трубобетонная балка с асимметрично предварительно напряженным бетонным ядром; 1 – бетон (не армированная часть бетонного ядра); 2 – предварительно напряженный железобетон (армированная часть бетонного ядра); 3 – старогодная нефтегазовая труба

Обычные прямые трубобетонные балки в пролетных строениях мостов использовать практически невозможно в силу того, что в нижней части балки бетонное ядро работает на растяжение и уже при деформации 0,003 в нем образуются трещины. По этой причине в обычных изгибаемых трубобетонных балках бетонное ядро малоэффективно, а грузоподъемность такой трубобетонной балки может оказаться не намного больше грузоподъемности пустотелой металлической трубчатой балки. На практике трубобетонные конструкции в пролетных строениях мостов всегда используются в виде арок, у которых бетонное ядро работает в условиях объемного сжатия. Однако любые арочные конструкции сложны и затратны в изготовлении и транспортировке их к месту строительства моста, и уже только по этим показателям существенно проигрывают прямым балкам.

Для реализации потенциальных грузоподъемных свойств прямой трубобетонной балки необходимо создать в её сечении неравномерное распределение предварительных сжимающих напряжений. При этом максимальные сжимающие напряжения в бетонном ядре должны быть в наиболее растянутых от внешней нагрузки частях ядра (т.е. в её нижней части, наиболее удаленной от оси), для чего напрягаемую арматуру располагают асимметрично (эксцентрично) как показано на рисунке 1.

От действия растягивающих усилий от армирующих элементов в сечении трубобетонной балки возникает внецентренное сжатие. Кроме сжимающего усилия в сечении трубобетонной балки также возникает и изгибающий момент, обратный по знаку моменту от внешней нагрузки. В процессе изготовления такая трубобетонная балка получает выгиб, обратный прогибу от внешней нагрузки (по сути дела это строительный подъем). Следовательно, предварительно напряженная арматура в трубобетонной балке создает наибольшие сжимающие напряжения в нижней части бетонного ядра, препятствуя в дальнейшем по-



явлению в нем трещин от действия внешних нагрузок. А при нагрузках, близких к разрушающим, когда в растянутой зоне бетонного ядра начинается трещинообразование, арматура будет воспринимать растягивающие усилия аналогично арматуре в железобетонных элементах.

На рисунке 2 представлены возможные схемы натяжения армирующих элементов в трубобетонной балке. Очевидно, что для облегчения заполнения полости трубы бетоном, эти элементы надо располагать или под углом, или вертикально, причем вполне можно применять и самоуплотняющийся бетон.

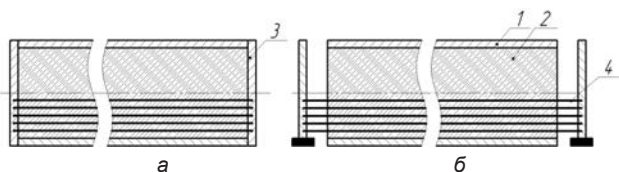


Рисунок 2 – Способы реализации асимметричного предварительного напряжения в прямых трубо-бетонных балках: а) с передачей усилия на упоры 3; б) с передачей усилия на бетон ядра 2; 1 – старогодная нефтегазовая труба; 2 – бетонное ядро; 3 – торцевой упор; 4 – армирующие элементы (только арматура для б, стальной трос или арматура для а)

Напряженное состояние трубобетонной конструкции можно регулировать в широких пределах, создавая искусственные поля напряжений, благоприятные для работы несущей балки (управляя усилиями натяжения в армирующих элементах при создании предварительного напряжения). Важно отметить, что повышение грузоподъемности рассматриваемой прямой трубобетонной балки достигается не технологическими, а конструктивными мероприятиями. Это существенно снижает стоимость изготовления (в т.ч. путем использования старогодных нефтегазовых труб) и значительно расширяет эксплуатационные свойства балки. Так в схеме по рисунку 2а можно вместо стальной арматуры применять стальные тросы, отделив их от бетонного ядра полимерными чехлами. При этом возникает возможность управления не только статическими, но и динамическими напряжениями в трубобетонной балке при её использовании в пролетном строении малого моста. В таком случае можно говорить о классе малых мостов, адаптируемых к эксплуатационным нагрузкам.

В настоящее время практически отсутствуют методы расчета прямых трубобетонных балок для пролетных строений малых мостов. Расчетные методы должны учитывать особенности конструкции предлагаемых балок, в первую очередь рассматривать их как выполненные из композиционных материалов на неметаллической матрице, у которых поля напряжений в общем случае нелинейные и нестационарные. Кроме того, следует рассмотреть все физически реализуемые варианты совместной работы металлической трубчатой оболочки, бетонного ядра (матрицы) и армирую-

щих элементов (стальной арматуры или стальных тросов), что позволит раскрыть потенциальные эксплуатационные свойства предлагаемой трубобетонной балки как элемента пролетного строения малых мостов.

Следует иметь в виду, что при поставке прямых трубобетонных балок на строительную площадку их необходимо четко маркировать, чтобы не перепутать ориентацию балок с частично предварительно напряженным ядром при установке в проектное положение.

Дополнительно, как конструктивный вариант, можно рассматривать повышение несущей способности трубобетонных балок на изгиб путем установки горизонтальной тонкостенной металлической (или фибропластиковой) перегородки и заполнения верхней части полости металлической трубчатой балки обычным бетоном, а нижней части – фибробетоном, что позволит более эффективно использовать возможности каждого материала.

#### Список литературы

- 1 Овчинников И. И., Овчинников И. Г., Чесноков Г. В. и др. О проблеме расчета трубобетонных конструкций с оболочкой из разных материалов. Ч. 2. Расчет трубобетонных конструкций с металлической оболочкой // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Т. 7. №4 (2015).
- 2 Кришан А. Л., Трубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром : монография. Ростов н/Д. : Рост. гос. строит. ун-т, 2011. 372 с.
- 3 Маренин В. Ф. Исследование прочности стальных труб, заполненных бетоном, при осевом сжатии : дисс. канд. техн. наук. М., 1959. 231 с.
- 4 Долженко А. А. Трубчатая арматура в железобетоне : дисс. д-ра техн. наук. М., 1963. 413 с.
- 5 Яровой И. С. Исследование напряженно-деформированного состояния гибких внецентренно сжатых трубобетонных элементов при кратковременном и длительном действии нагрузки : дис. канд. техн. наук. Кривой Рог, 1974. 195 с.
- 6 Дуванова И. А., Сальманов И. Д. Трубобетонные колонны в строительстве высотных зданий и сооружений // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №6 (21). С. 89-103.
- 7 Стороженко Л. И., Семко А. В. Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций // Коммунальное хозяйство городов : научно-технический сборник. 2005. №63. С. 59-67.

629.11.01:62-23;534.1

**Б.М. Тверсков**  
**Курганский государственный университет**

## КАРДАННЫЕ ШАРНИРЫ

**Аннотация.** В работе представлены характеристики карданных шарниров неравных угловых скоростей и рассмотрена возможность замены шарниров равных угловых скоростей в приводе к управляемым колесам.

**Ключевые слова:** шарниры, привод, угловые скорости, колебания, крестовина.

## UNIVERSAL JOINTS

**Annotation.** *The article considers characteristics of non-constant-velocity joints and the possibility of replacement of constant-velocity universal joints in the steer wheels drive.*

**Keywords:** joints, drive, angular rates, oscillations, crosspiece.

Шарниры с крестовинами (шарниры неравных угловых скоростей) широко используются в конструкциях карданных передач автомобилей и тракторов для передачи крутящих моментов к их агрегатам. Ограничивающими факторами для карданной передачи являются: угол в шарнире, длина карданного вала, критическая частота вращения..

По Гост Р 52430-2005 максимальные углы в шарнирах карданных передач в статическом положении допускаются: для легковых автомобилей – 3°, для грузовых – 5°, для полноприводных автомобилей – 8° [1]. Но при движении автомобиля на неровных дорогах эти углы при качании мостов

могут быть значительно больше и достигать 30 и даже 40° [2]. Прочность шарнира при этом сохраняется, поломок, как правило, не бывает. Шарниры с игольчатыми подшипниками нельзя устанавливать совершенно без угла – в этом случае при работе на шипах крестовины появляется деформация поверхности (питтинг) и шарнир выходит из строя.

Наибольшая длина карданного вала определяется исходя из наружного и внутреннего диаметров его трубы и критической частоты вращения [2]:

$$n_{кр} = 12 \times 10^4 \frac{\sqrt{D^2 + d^2}}{L^2}$$

где  $n_{кр}$  – критическая частота вращения;  $D$  – наружный диаметр трубы;  $d$  – внутренний диаметр трубы;  $L$  – длина карданного вала.

Иногда в приводе управляемых колес вместо шарниров равных угловых скоростей (4-х шариковых, типа Вейс) устанавливаются шарниры неравных угловых скоростей, которые дешевле и долговечней. Так, например, сделано на тягачах КЗКТ (рисунок 1), где угол при полностью повернутых колесах равен 29°.

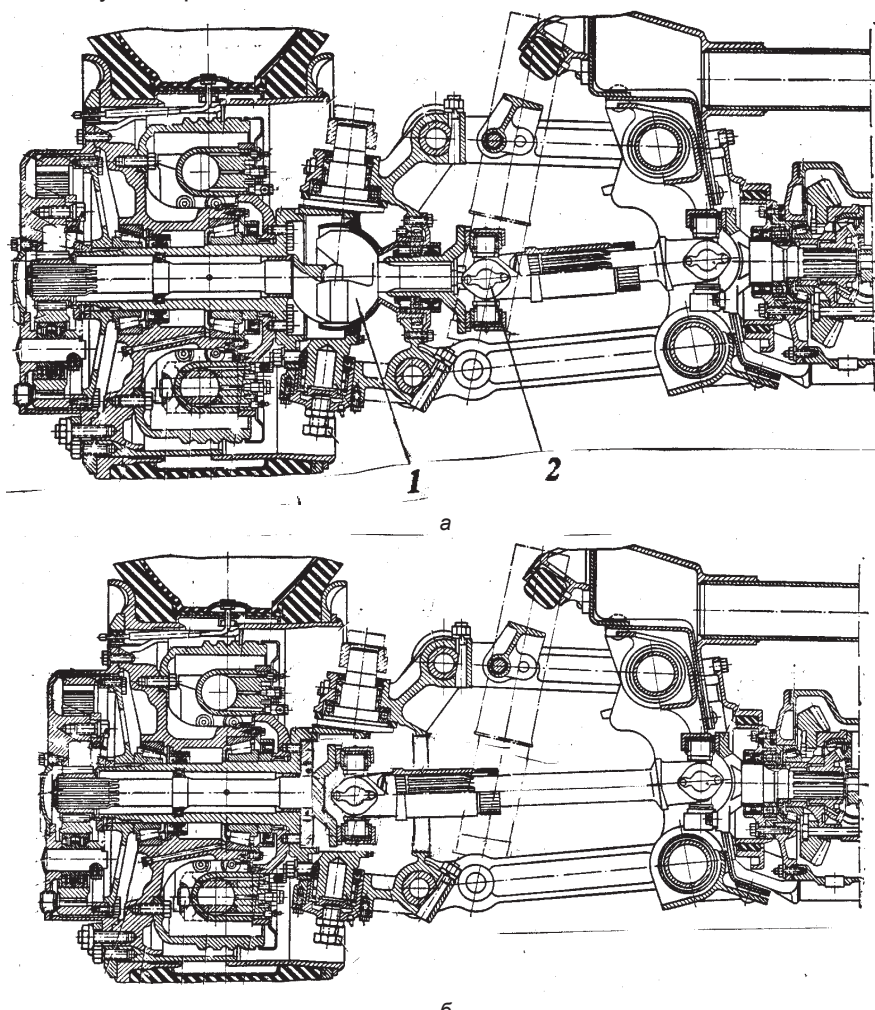


Рисунок 1 – Ведущий управляемый мост четырехшосного тягача КЗКТ с шарнирами в поворотном устройстве: а – равных угловых скоростей б – неравных угловых скоростей

4-х шариковый шарнир равных угловых скоростей был исключен путем удлинения карданного вала и размещения на месте шарнира равных угловых крестовины карданного вала привода, как показано [3]. Причем, центр крестовины на оси поворота колеса разместить не удалось и он отстоит от оси поворота на 40 мм внутри тягача..

Исключение шарнира позволило значительно упростить привод, сделать его более надежным при снижении стоимости изготовления. Кроме того, шариковый шарнир равных угловых скоростей работает в карданной смазке, для размещения которой в довольно большом количестве нужна герметичная емкость. На грузовых автомобилях такой емкостью служит стальная опора поворотного устройства, снаружи которой по сфере работает уплотнение. На легковых автомобилях для этого используется резиновый чехол. Шарнир неравных угловых скоростей содержит небольшое количество смазки и надежное уплотнение.

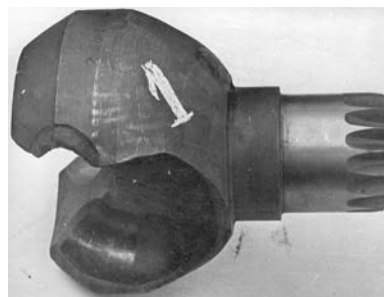
Неравномерность вращения управляемых колес тягачей КЗКТ при движении по кругу с полностью повернутыми колесами и установленными а в приводе шарнирами неравных угловых скоростей, мало заметна. Это объясняется наличием колесного редуктора с большим передаточным числом – 5,625. Уменьшенный на эту величину передаваемый крутящий момент оказывается слишком мал, чтобы вызывать значительные угловые колебания колеса. При полностью повернутом колесе отмечаются лишь его дрожание. Деформируются в этом случае в основном полуоси и карданный вал, соединяющий главную передачу и проходной редуктор. Если колесный редуктор отсутствует, угловые колебания колес могут достигать больших значений. Так испытания автомобиля УАЗ-469 с шарнирами неравных угловых скоростей в приводе к управляемым колесам показали, что при движении с полностью повернутыми колесами угловые колебания колес могут быть довольно большие, хотя быстрый выход из строя деталей привода не отмечался.

Угол поворота колеса с 4-х шариковым шарниром равных угловых скоростей не может превышать  $30^\circ$ , т.к. при большем угле находящиеся в шарнире шарики выкатываются из него и, попав между деталями в поворотном устройстве, могут сделать автомобиль неуправляемым. Но такой угол явно недостаточен, радиус поворота оказывается большой, поэтому неопытные водители иногда, убирают болты, ограничивающие поворот колес. Угол становится больше, а это может привести к саморазборке шарнира.

Кроме того, при максимальном угле поворота колеса шарик в шарнире находится на конце вилок. Под действием передаваемого крутящего момента край вилки отгибается и шарик не может вернуться в исходное положение. В дальнейшем при повороте полуоси ломается край вилки или сама вилка (рисунок 2). Чтобы этого не происходило, угол поворота управляемого колеса на тя-

гачах КЗКТ был уменьшен до  $24^\circ$ , что увеличило и без того большой радиус поворота тягача. После замены 4-х шариковых шарниров равных угловых на шарниры неравных угловых скоростей угол поворота был восстановлен до  $29^\circ$ .

На автомобилях с другими типами шарниров угол поворота ведущих, а также ведомых колес обычно бывает  $35^\circ$  и более.



а



б

Рисунок 2 – Поломки вилок шарниров равных угловых скоростей, имевшие место при их испытаниях: а – тягач КЗКТ-538; б – автомобиль ЗИЛ-157

Если передний мост отключается, как сделано на грузовиках ГАЗ и ЗИЛ, автомобиль в основном движется с выключенным мостом, в этом случае привод вращается ведомым колесом и вилка шарнира равных угловых скоростей больше изнашивается с обратной стороны (рисунок 3, показано стрелкой).



Рисунок 3 – Износ вилки шарнира равных угловых скоростей

4-х шариковый шарнир равных угловых скоростей – конструкция довольно сложная и трудоемкая в изготовлении (рисунок 5). Передающие усилия шарики 1 и 2 (рис. 6) располагаются в шарнире в месте пересечения канавок, нарезанных на вилках по дуге с радиусом  $R$  из разных центров, смещенных от центра шарнира на величину  $a$ . При работе, когда соединяемые шарниром валы



находятся под углом друг к другу, пересечение изменяет свое положение, но всегда находится в биссекторной плоскости, делящей угол между осями валов пополам. Это обеспечивает равенство угловых скоростей соединяемых валов.

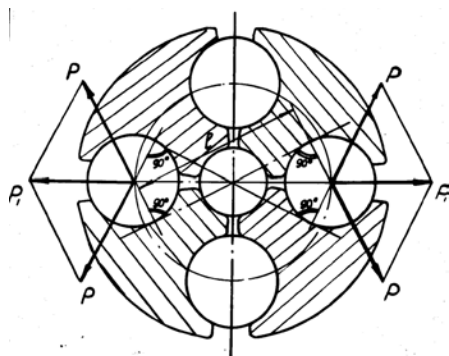


Рисунок 4 – Разрез шарнира равных

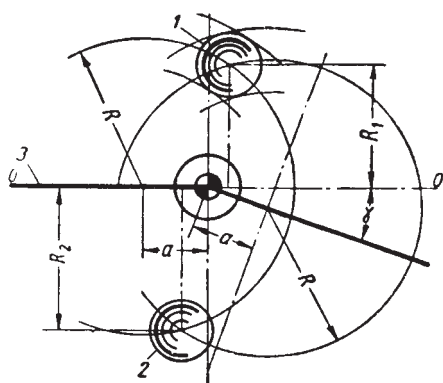


Рисунок 5 – Положение шариков угловых скоростей шарнира в биссекторной плоскости

КПД шарнира неравных угловых скоростей с крестовиной зависит от угла, с которым работает шарнир. КПД можно определить, если из центра шарнира, соединяющего два вала, построить треугольник сил, создающих крутящие моменты на этих валах. Замыкающая сила  $P_c$ , проведенная из конца силы  $P_1$  параллельно ведомому валу, определит величину окружной силы  $P_2$  на ведомом валу – рисунок 6.

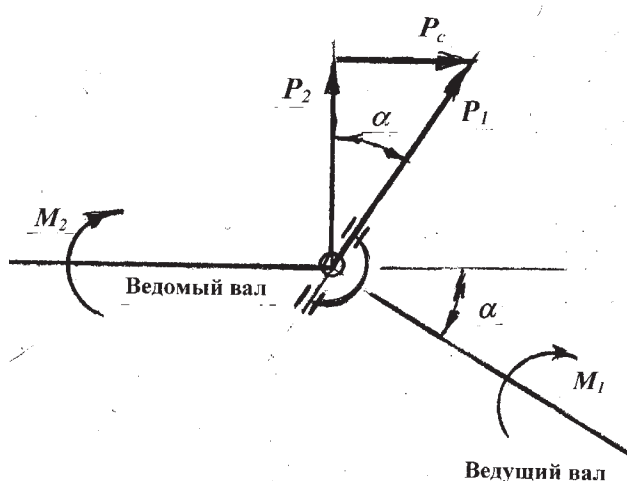


Рисунок 6 – Схема действия сил в шарнире с крестовиной

Отношение сил в треугольнике сил, показанном на рис.7, характеризует КПД шарнира:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \cos \alpha$$

где  $\alpha$  – угол в шарнире;  $P_1$  – окружная сила на ведущем валу;  $P_2$  – окружная сила на ведомом валу.

Численные значения КПД шарнира приведены в таблице 1.

Таблица 1 – КПД шарнира неравных угловых скоростей

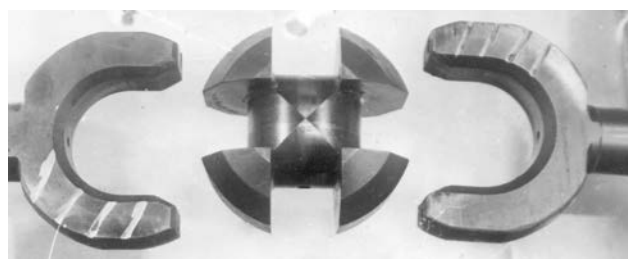
Угол, град.	5	10	15	20	30	40
КПД	0,996	0,984	0,965	0,939	0,866	0,766

С учетом трения в подшипниках КПД будет несколько меньше

Эксплуатация автомобилей ГАЗ-69 и УАЗ-469 с установленными на авторемонтных заводах в приводе управляемых колес шарнирами неравных угловых скоростей с плоскими рабочими поверхностями (рисунок 9) показала их надежность и высокую износостойкость. Замечаний в связи с неравномерностью вращения колес практически не было. По просьбе Минсельхоза полуоси с такими шарнирами много лет изготавливались в Кургане. Шар с пазами делали на КМЗ, короткую и длинную полуоси – на КЗКТ.



а



б

Рисунок 7 – Шарнир неравных угловых скоростей с плоскими рабочими поверхностями: а – шарнир в сборе; б – полуоси с вилками

Угол поворота ведомого вала такого шарнира определяется по графику на рисунке 9 или рассчитывается по формуле

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot \cos \alpha$$

где  $\varphi_2$  – угол поворота ведомого вала;

$\varphi_1$  – угол поворота ведущего вала;  $\alpha$  – угол между осями валов, соединенных шарниром неравных угловых скоростей.

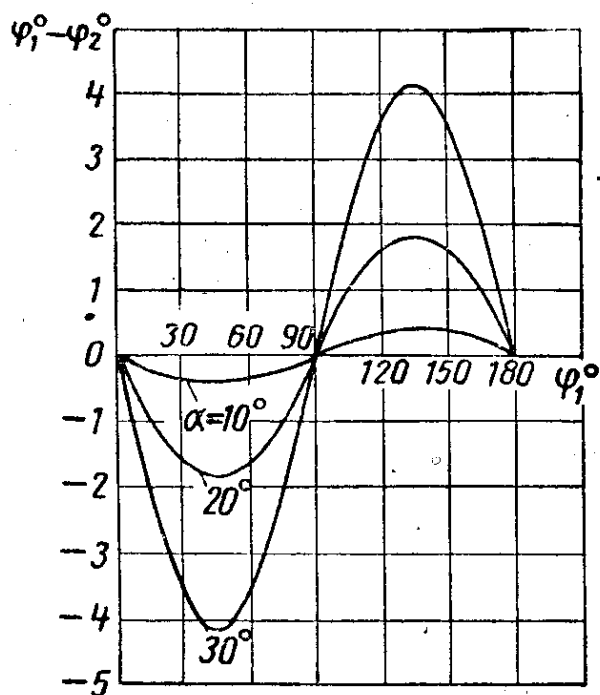


Рисунок 8 – Неравномерность вращения ведомого вала, соединенного шарниром неравных угловых скоростей

Ритмичные колебания крутящих моментов в приводе управляемых колес с шарнирами неравных угловых скоростей в поворотных устройствах тягачей КЗКТ отмечались лишь при движении по кругу на асфальтированной площадке с полностью повернутыми колесами (угол  $29^\circ$ ). Размахи колебаний составляли 5-10% от максимального момента, рассчитанного по сцеплению на сухой дороге (коэффициент сцепления 0,7). Буксование повернутых управляемых колес вызывало появление колебаний с размахом 10-12 % от максимального момента. С шарнирами равных угловых скоростей размахи колебаний момента в этих условиях практически отсутствовали.

При движении по кругу на грунтовой площадке размахи колебаний имели место как с шарнирами равных так и неравных угловых скоростей, причем заметной разницы в колебаниях не было. Если неровности на грунтовой площадке значительные, то размахи могут достигать и 30 и 50% от максимального момента по сцеплению независимо от того, какие шарниры в приводе. На грунтовых дорогах колебания момента в приводах к управляемым колесам могут превышать те, которые создаются шарнирами неравных угловых скоростей, и колебания момента, вызванные неравномерным вращением соединяемых шарниром валов, становятся не заметны.

Размахи колебаний зависят от скорости движения (чем больше скорость, тем больше размах) и состояния дороги. На дорогах с небольшими поворотами разницы в нагружении приводов с шар-

нирами равных и неравных угловых скоростей практически не наблюдалось.

Установлено, что создаваемые полуосевыми шарнирами неравных угловых скоростей колебания при повернутых колесах распространяется на главную передачу и карданный вал, соединяющий главную передачу и проходной редуктор. За проходным редуктором действие этих шарниров не заметно: запись моментов и оборотов велась одновременно на всех карданных валах, соединяющих эти агрегаты.

На устойчивость и управляемость тягачей шарниры неравных угловых скоростей не влияют.

Длительные ходовые испытания тягачей, в поворотных устройствах которых были шарниры неравных угловых дали положительный результат, что позволило рекомендовать заменить в поворотном устройстве шарниры равных угловых скоростей на шарниры неравных угловых скоростей.

За 30 лет эксплуатации двух- и четырехосных тягачей КЗКТ, в поворотных устройствах которых были установлены шарниры неравных угловых скоростей, замечаний к приводам не было. Как достоинство всегда отмечалась простота и надежность привода. Но использовать такой привод можно, если на автомобиле имеются колесные редукторы с достаточно большим передаточным числом, снижающем подводимый к управляемым колесам крутящий момент, который не вызывает угловые колебания повернутых колес

#### Список литературы

1 Гост Р 52430- 2005. Автомобильные транспортные средства. Передачи карданные автомобилей с шарнирами неравных угловых скоростей.

2 Лукин П. П. и др. Конструирование и расчет автомобиля : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Автомобили и тракторы». М. : Машиностроение, 1984. 376 с.

3 Автомобиль МАЗ-537 и его модификации. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. М. : Военное издательство, 1984. 459 с.

УДК 621. 791.

**Д.А. Троценко, И.А. Тараторкин, И.В. Лисихин, А.К. Давыдов**

**Курганский государственный университет**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УШИРИТЕЛЕЙ ТРАКОВ БОЛОТОХОДА

**Аннотация.** Описана методика усталостных испытаний уширителей. Показано, что характер и стыки разрушения уширителей на стенде и в условиях эксплуатации совпадают. Приведены результаты испытаний уширителей, изготовленных по различным технологиям. Выданы рекомендации по повышению их работоспособности.

**Ключевые слова:** уширитель траков, сварные соединения, усталостные трещины, циклическая работоспособность.

*D.A. Trotsenko, I.A. Taratorkin, I.V. Lisikhin, A.K. Davydov*  
Kurgan State University

## INVESTIGATION OF CYCLIC PERFORMANCE TRUCKEE WIDENERS OF SWAMP BUGGIES

**Annotation.** *The article describes a method for wideners fatigue testing. It is shown that the nature and the destruction of wideners joints on the stand and in the operation activity are the same. Test results of wideners made with different technologies are presented in the article and given recommendations for improving their efficiency.*

**Keywords:** track widener, welded joints, fatigue cracks, cyclic performance.

### Введение

Повышение циклической работоспособности сварных конструкций всегда было и остаётся чрезвычайно актуальным. Оно обеспечивает увеличение эксплуатационного ресурса и снижение риска аварийных разрушений, становится экономически выгодным. Успешное решение данной проблемы во многом зависит от того, насколько полно и точно будут учтены технологические, конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на циклическую работоспособность и долговечность сварных конструкций, а также поведение металла конструкции в процессе её эксплуатации.

Цель работы – изыскание возможности повышения эксплуатационной работоспособности сварной конструкции уширителей траков гусеницы болотохода.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

Получить при стендовых испытаниях усталостное разрушение уширителей аналогичное эксплуатационному.

Выявить места и причины усталостных разрушений уширителей.

Рассмотреть эффективность некоторых технологических мероприятий при изготовлении уширителей на повышение их работоспособности.

Выдать рекомендации по совершенствованию технологии изготовления уширителей.

### 1 КОНСТРУКЦИЯ УШИРИТЕЛЕЙ ТРАКОВ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Уширитель является составной частью траков гусеницы транспортной машины ТМ-1 производства ОАО «Курганмашзавод». Он служит для увеличения площади опоры болотохода. Его конструкция пространственная. Она состоит (рисунок

1) из уширителя-1, упора-2 и скобы-3 с внутренними отверстиями под пальцы для крепления с траком. Детали в конструкции располагаются в виде треугольника. В местах сопряжения они свариваются. На рис. 2 представлен внешний вид сварной конструкции.

Технические данные конструкции уширителя: толщина уширителя и упора – 6 мм; материал уширителя и упора – сталь 30ХГСА ГОСТ 11269-76;

материал скобы – сталь 38ХС ГОСТ 4543-71; масса изделия – 1,49 кг; габариты конструкции – 230x96x50 мм.

Характеристика сварных соединений конструкции:

- соединения уширителя со скобой и упором – нахлесточные;

- соединение упора со скобой – стыковое.

Последовательность наложения сварных швов согласно заводской (базовой) технологии: в начале к полностью обработанным скобам приваривались уширители с внутренней и наружной сторон, затем к уширителям приваривались упоры и в последнюю очередь осуществлялась односторонняя сварка соединения скоба-упор. После сварки производилась изотермическая закалка конструкции на твердость НВ 366...444, последняя контролировалась на скобе.

Сварные конструкции уширителей испытывались непосредственно в эксплуатационных условиях на машине ТМ-1. В ходе заводских испытаний после пробега порядка 3000 км. в конструкциях уширителей, примерно в 30%, произошли поломки. Часть из них разрушились полностью, а некоторые частично. Разрушения в изломах носили явно выраженный усталостный характер. В качестве примера, на рисунке 3 показана фрактография излома упора уширителя, где видны следы развития усталостной трещины.

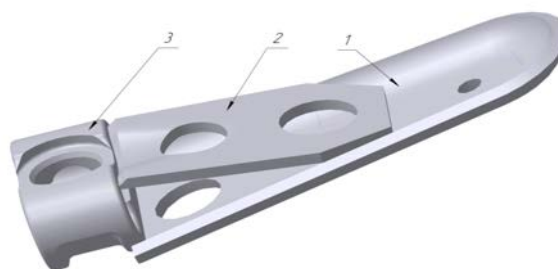


Рисунок 1 – Составные части уширителя



Рисунок 2 – Конструкция уширителя траков





Рисунок 3 – Поперечный излом упора уширителя



Рисунок 4 – Разрушение по соединению упор-уширитель

Установлено, что эксплуатационные разрушения конструкции уширителей происходят обычно со стороны упора уширителя. При этом, всегда разрушается сам упор в местах его приварки - по границам сплавления сварных швов или по основному металлу в непосредственной близости от последних, как это видно из рисунка 4.

Практически во всех случаях в соединении упор-скоба в изломах обнаруживался непровар корня шва порядка 2-3 мм (рисунок 3 – низ левой части излома).

Анализ преждевременных эксплуатационных усталостных разрушений конструкции уширителя транспортной машины ТМ-1 свидетельствует о необходимости совершенствования как самой конструкции, так и технологии её изготовления.

## 2 РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ УШИРИТЕЛЕЙ И ВАРИАНТЫ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

При разработке методики стендовых испытаний, моделирующих эксплуатационные нагрузки учитывались выявления характера усталостного разрушения уширителей и определения для этого требуемого уровня нагрузки.

В эксплуатационных условиях конструкции уширителей воспринимают нагрузки, приводящие к их изгибу. Поэтому, при стендовых испытаниях необходимо также испытывать уширители на изгиб. Усталостная машина МУП-50 позволяет получать изгиб уширителя путём одновременного испытания двух уширителей при приложении циклической нагрузки по середине между опорами. С целью получения симметричного спаренного образца два уширителя соединяли друг с другом с помощью двух коротких пальцев, запрессованных в отверстия скоб.

Рассматривали две возможные схемы циклического нагружения спаренного образца (рисунок 5). По первой схеме упоры уширителей располагали при испытании сверху, а по второй – снизу,

как показано соответственно на рисунке 5 а) и б).

Испытания образцов на усталость осуществляли с помощью приспособления, установленного и закреплённого на траверсе машины МУП-50 (рисунок 6).

Для определения уровня нагрузки по первой схеме наружения образцов проведены расчётно-экспериментальные исследования напряженности зоны сварного шва с непроваром соединения упора уширителя со скобой при действии катковой нагрузки машины ТМ-1 [1].

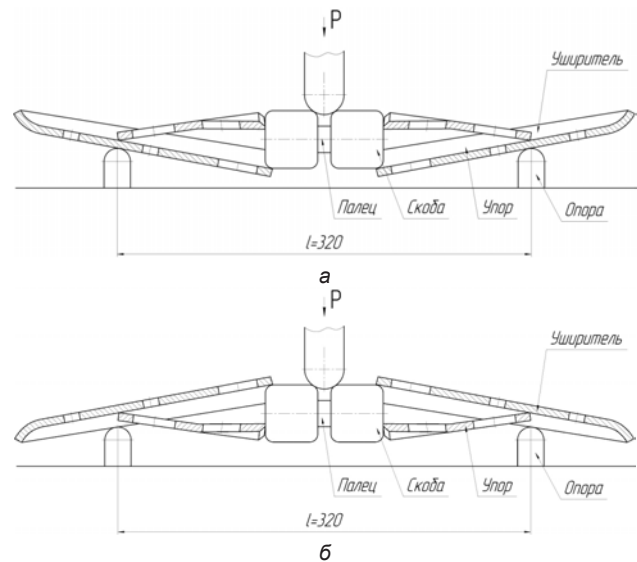


Рисунок 5 – Схемы нагружения образцов

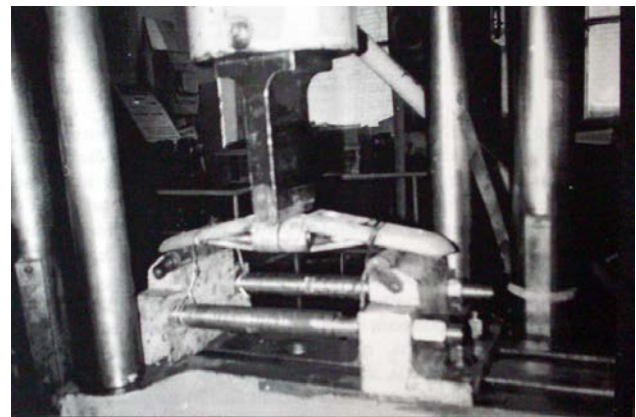


Рисунок 6 – Приспособление для испытания уширителей на машине МУП-50

Результаты этих исследований свидетельствуют, что при катковой нагрузке в 1 т. напряжения сжатия в корне шва могут достигать 300 МПа, а среднее и амплитудное напряжение переменного цикла при пульсирующем характере катковой нагрузки достигают соответственно 50 и 150 МПа – без учёта коэффициентов концентрации напряжений в сварных соединениях. Расчёт долговечности показал, что при отработке методики усталостных испытаний уширителей целесообразно применять катковую нагрузку равной 1,5...2 тонны.

Циклическое нагружение двух пар уширителей по первой схеме (рисунок 5 а) при максимальной нагрузке  $P=20$  кН и минимальной  $P=2$  кН

привели к разрушению не только сварного шва между упором и скобой, а также и самой скобы. Характер разрушения в этом случае не совпадает с характером разрушения уширителей в процессе эксплуатации.

Апробация второй схемы нагружения (рисунок 5 б) при частоте – 500 циклов в минуту максимальной нагрузке в циклах  $P = 8,5$  кН и минимальной  $P = 1$  кН показала, что характер аналогичен эксплуатационному (рисунок 3). Снижение уровня нагрузки по данной схеме, в сравнении с первой схемой, обусловлен учетом коэффициента концентрации напряжений от непровара корня шва в сварном соединении скоба-упор и влиянием инерционных сил от движения болотохода. В дальнейших исследованиях применяли только вторую схему нагружения уширителей.

Так как базовая технология изготовления уширителей не удовлетворяла по долговечности эксплуатационным испытаниям, дополнительно рассмотрено ещё три технологии их изготовления, направленные на повышение работоспособности уширителей:

- Первая технология (№ 1, базовая) описана в разделе 1.

- Вторая технология (№ 2) отличалась от №1 предварительным подогревом свариваемых деталей до  $250^{\circ}$ - $300^{\circ}$ С.

- Третья технология (№ 3) - уширитель, приваренный к скобе, упруго деформировался на 2 мм с помощью пластины, установленной между приспособлением и уширителем, затем приваривался упор к скобе и к уширителю. После снятия скобы с приваренными уширителем и упором с приспособления за счет упругих сил в сварных швах возникли предварительные напряжения сжатия.

При изготовления уширителей по технологиям № 2 и № 3 осуществляли заключительную изотермическую закалку согласно технологии № 1.

- Четвёртая технология (№ 4) – уширители, изготовленные по технологии № 1 (без закалки), подвергали дробенаклёпу по заводской технологии.

### 3 РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ УШИРИТЕЛЕЙ

По методике, описанной в разделе 2 было испытано 30 уширителей разных технологий изготовления. Характер их усталостного разрушения полностью совпал с характером разрушения уширителей в эксплуатации. Результаты испытаний уширителей сведены в таблицу.

Из таблицы видно, что наиболее часто разрушается сварной шов между упором и скобой (19), реже происходит разрушение упора по отверстию около сварного шва между упором и уширителем (7), иногда происходит разрушение уширителя около сварного шва упор-уширитель (4). Долговечность сварного шва упор-скоба и упора (при разрушении по отверстию) примерно одинакова.

Разрушение сварного шва упор-скоба всегда начинается изнутри в местах несплавления упо-

ра со скобой. Эти места провоцируют зарождение усталостной трещины из-за высокой концентрации напряжений.

В соединении упор-уширитель усталостное разрушение носит двоякий характер. В первом случае разрушение упора происходило в районе начала (№ 3, № 1, № 4) и конца (№ 2) сварного шва. На всех образцах зарождение усталостной трещины начиналось в основном металле упора, с противоположной от сварного шва стороны напротив границы сплавления, с кромки упора. Затем, развиваясь нормально, она достигала границы сплавления сварного шва. Дальнейшее ее развитие происходило по всему поперечному сечению упора в направлении ближайшего отверстия (рисунок 4).

Во втором случае усталостное разрушение всегда начиналось по телу уширителя с границы сплавления сварного шва на некотором расстоянии от начала шва. Затем зародившаяся трещина развивалась по границе сплавления сварного шва в двух направлениях – к краю и к средней части уширителя по вогнутой поверхности.

В дальнейшем трещина доходит до края уширителя и выходит на его поверхность, образуя сквозную трещину, и продолжает развитие по ослабленному месту. В местах перехода от полужонового шва к лобовому она изменяет направление развития в сторону малого отверстия уширителя.

Причиной усталостного разрушения соединения упор-уширитель может быть высокая жесткость соединения и концентрация напряжений от наложения полужонового сварного шва.

Характер появления и развития усталостной трещины в соединении уширитель-скоба аналогичен второму случаю разрушения соединения упор-уширитель. Отличительной особенностью являлось то, что сквозная трещина развивалась только вдоль границы сплавления сварного шва.

Таким образом, слабым местом в конструкциях уширителя является граница сплавления сварного шва. Это объясняется наличием в ней высокой концентрации напряжений, остаточных сварочных напряжений и неоднородности свойств. Отрицательное влияние указанных факторов можно уменьшить за счет применения аргоно-дуговой обработки границ сплавления сварных швов [2].

Сравнение характера разрушения уширителей, изготовленных по различным вариантам показывает, что 50 % уширителей № 2 кроме разрушения сварного шва упор-скоба имеют усталостные трещины на упоре до большого отверстия (не у скобы). На остальных (№ 1, № 3, № 4) уширителях почти 100 % усталостных трещин возникает не у скобы, которые в некоторых случаях приводят к разрушению упора по большому отверстию. Разрушение упора уширителей № 4 происходит в большинстве случаев (3 из 5) по большому отверстию не у скобы.

Таблица 1 – Долговечность уширителей до выхода из строя (тыс. циклов) по усталостным трещинам длиной 10 мм и отлому элементов конструкции

№ образца	По сварным соединениям								
	Упор-скоба			Упор-уширитель				Уширитель-скоба	
	Трещины по границе сплавления		Отлом упора	Трещины полуфлангового шва		Отлом упора		Трещины по границе сплавления шва с уширителем	Отлом уширителя
	со скобой	с упором		по упору	по границе сплавления	до отв.	полный		
Технология № 1									
1	115	121	132						
2				269		275	389	410 и 415	434
3	177		293	282		287		317 и 322	324
4	225			189		192	331	334 и 340	344
5	487			470		473	480	495 и 519	522
Технология № 2									
1	352		562					582 и 591	596
2	834	856	918	834		856		924 и 926	930
3	311	398	420					440	449
4	59	108	167					189 и 193	196
5	377	394	404					426	428
6	177		246		170	219		309	316
7	215	266	297	222		255		301	317
8	293		357	381				384 и 388	401
9	110			110		113	171	171 и 175	187
10	24		156			40		173 и 176	178
Технология № 3									
1	50		66					70	72
2	693	758	845		721			852 и 855	862
3	72								
4				233	175	230			1300
5	290	310	329	248		270		331	336
6	410				523				1336
7	412			334		357	472	479 и 486	488
8	185			115		125	205	209 и 218	220
9	288	308	335	212		226		348 и 355	357
10	58		190					197 и 210	218
Технология № 4									
1	146		165	100		111		177	182
2	447	529	626					634	637
3	447			537		548			
4	337		413	302		307		414	422
5	97					231	313	323 и 330	341

Уширители № 1 обладают более низкой долговечностью, чем уширители № 2, однако диапазон изменения долговечности уширителей № 2 включает в себя диапазон уширителей № 1. Кроме того количество образцов уширителей № 1 недостаточно для корректной оценки его долговечности. Долговечность уширителей № 3 и № 4 примерно одинакова. Долговечность уширителей № 2 несколько ниже долговечности уширителей № 3 и № 4, однако глубина проплавления в месте зарождения усталостной трещины в сварном шве упор-скоба уширителей № 2, в основном, не превышает 3 мм, а уширителей № 3 и № 4 составляет более 3 мм.

Таким образом полученные результаты сравнительных усталостных испытаний уширителей не дают явных преимуществ ни одной из рассмотренных технологий их изготовления.

#### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ УШИРИТЕЛЯ

На основании анализа мест и причин усталостных разрушений уширителей можно дать следующие основные рекомендации по повышению их циклической работоспособности.

Получить полное проплавление корня шва



*С.Г. Тютрин, Л.Н. Сабуркин*  
*Курганский государственный университет*

## РЕМОНТ ШАТУНА КОСИЛКИ КС-2,1 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

**Аннотация.** *Описана технология повышения прочности шатуна косилки КС-2,1 при ремонте. Приведены результаты экспериментального определения опасных участков детали с помощью оловянной фольги. Построены вероятностные кривые усталости детали в базовом и отремонтированном вариантах. Работа нацелена на повышение надёжности косилок КС-2,1 при эксплуатации.*

**Ключевые слова:** ремонт, надёжность, долговечность, усталостный датчик, косилка.

*S.G. Tyutrin, L.N. Saburkin*  
*Kurgan State University*

## REPAIR OF CONNECTING ROD OF THE MOWER «КС – 2,1» ACCORDING TO FATIGUE GAUGES CONTROL RESULTS

**Annotation.** *The article describes the technology of «КС-2,1» mower connecting rod strength increasing after repair. The results of an experimental search of dangerous zones through the use of tin foil are represented. Probabilistic fatigue curves of detail in the basic and reconditioned options are built. The paper aimed to reliability growth of mower «КС-2,1» during exploitation.*

**Keywords:** repair, reliability, durability, fatigue gauge, mower.

### ВВЕДЕНИЕ

В приводе ножа косилки КС-2,1 используется клиноремённая передача, а для предотвращения разрушения деталей косилки при кратковременных перегрузках клиновые ремни не должны быть «туго натянуты» [1]. Но слабое натяжение ремней влечёт за собой заметное снижение производительности косилки и рентабельности производства. Повышение производительности косилки за счёт увеличения частоты работы режущего аппарата и снижения скольжения в ремённой передаче путём усиления её натяжения приводит к поломкам шатуна косилки. В процессе эксплуатации излом (рисунок 1) шатуна происходит через каждые 2...3 недели работы косилки, что при частоте 1200 об/мин составляет несколько миллионов циклов нагружения.

соединения упор-скоба с использованием одно-сторонней разделки по скобе под углом 50°. Наложение первого слоя шва в разделку сварного соединения предлагается осуществлять арнодуговой сваркой на весу. В крайнем случае, для этой цели можно применить ручную дуговую сварку с обратным формированием шва на флюсовой подушке и пониженном режиме сварки. Ожидаемое повышение работоспособности примерно на 50-100%.

Целесообразно применить арнодуговую обработку (переплав границ сплавления сварных швов) неплавящимся электродом, так как именно там возникают усталостные трещины. Эта операция способствует улучшению свойств металла, из-за снижения его неоднородности, в прилегающей к границе сплавления области, снижению концентрации напряжений (переход от сварного шва к основному металлу получается плавным) и остаточных сварочных напряжений (за счет термообработки основного шва арнодуговой сваркой). Это может повысить предел выносливости конструкции на 20-30% и долговечность в несколько раз.

Процесс сварки соединений упор-скоба и упор-уширитель предлагается вести от середины к краям, что обеспечивает для соединения упор-скоба циклическую нагруженность середины стыкового шва в 2 раза меньше, чем у его краев.

Предлагается последним накладывать сварной шов на соединение скоба-уширитель со стороны выпуклой поверхности уширителя. В процессе нормальной эксплуатации уширителей такой шов подвергается сжатию, а остальные - сварочным напряжениям растяжения. Данное обстоятельство может привести к снижению циклической нагруженности соединения.

В условиях недостаточной податливости конструкции уширителя, для снижения неблагоприятных остаточных сварочных напряжений в сварных соединениях можно рекомендовать точечный нагрев деталей у конца сварных швов (на расстоянии 5-10 мм от края).

### Список литературы

1 Отчёт о научно-исследовательской работе по договору № 5500 от 11.09.2000 г. Сравнительные испытания уширителей гусеницы ТМ-1 на усталостную прочность. Курган, 2001. 33 с.

2 Аснис А. Е., Иващенко Г. А. Повышение прочности сварных конструкций. Киев : Наук думка. 1978. 193 с.

Целью исследования было предложить способ ремонта шатуна косилки КС-2,1, обеспечивающий повышение его прочности и долговечности. Данная работа является продолжением цикла работ [2, 3] по научно-технической поддержке отечественных производителей в агропромышленном комплексе РФ.

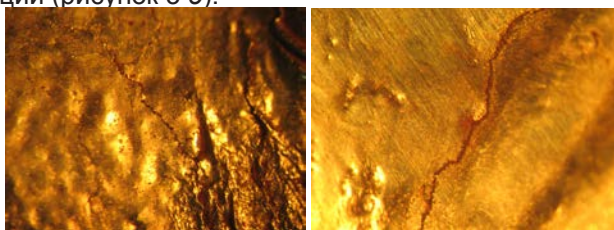


Рисунок 1 – Шатун с датчиками после разрушения

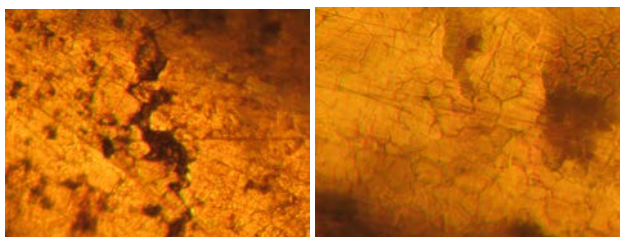
### 1 Схема и технология ремонта шатуна

Исследование нагруженности шатуна косилки КС-2,1 в реальных условиях эксплуатации было проведено осенью 2014 г. с помощью усталостных датчиков из алюминиевой [4–6] и оловянной [7–9] фольги. Использовалась фольга промышленного производства [10]: алюминиевая (ГОСТ 25905-83) толщиной 17 мкм и оловянная (ГОСТ 18394-73) толщиной 20 мкм с дополнительным отжигом при температуре 203 °С. Наружная поверхность датчиков полировалась до и после наклейки (применялся клей «Момент-1»).

Осмотр усталостных датчиков при максимальном увеличении 98<sup>х</sup> с помощью микроскопа МБС-9 после разрушения шатуна показал отсутствие следов дислокаций на алюминиевых датчиках. В то же время, на поверхностях всех оловянных датчиков наблюдались следы деградации разной интенсивности. Наибольшая поврежденность датчиков в виде макротрещин наблюдалась на линии разрушения и в непосредственной близости от неё (рисунок 2 а). Скопления следов дислокаций меньшей интенсивности наблюдались на датчиках, оказавшихся на отломанной малой части трубы шатуна (рисунок 3 а). На датчиках, расположенных на основной части трубы шатуна, наблюдались отдельные слабые следы дислокаций (рисунок 3 б).



а – зона, примыкающая к излому; б – зона сварного шва  
Рисунок 2 – Макротрещины на оловянной фольге (28<sup>х</sup>)



а – зона утонённой трубы; б – зона трубы номинальной толщины  
Рисунок 3 – Скопления следов дислокаций на оловянной фольге (98<sup>х</sup>)

Причина такой индикации датчиков была выявлена при тщательном анализе конструкции шатуна (рисунок 4 а): для установки резьбовой втулки стенки трубы шатуна утонены цилиндрической расточкой диаметром 29,3 мм, которая заканчивается галтелью малого радиуса  $r \approx 0,1$  мм, что приводит к возникновению высокой концентрации напряжений и разрушению.

Можно утверждать, что наблюдаемое разрушение является следствием внесённых изменений в первоначальную [1, 11] конструкцию шатуна. Ранее опасным считалось [11] среднее поперечное сечение трубы (штока) шатуна, где помимо продольной силы действует максимальный изгибающий момент от даламберовой силы инерции.

Следует отметить, что в зонах термического влияния сварных швов на датчиках также образовались макротрещины (рисунок 2 б), что указывает на существенную неоднородность свойств металла шатуна на этих участках.

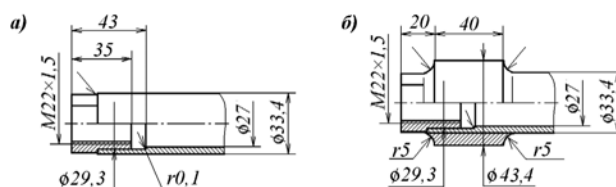
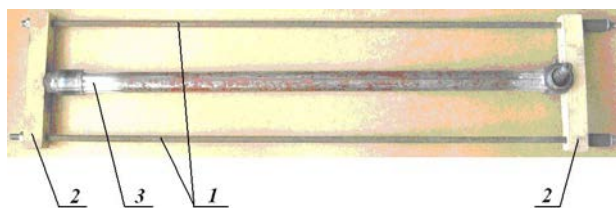


Рисунок 4 – Размеры наиболее нагруженной части шатуна в базовом (а) и отремонтированном (б) вариантах

Для ремонта шатуна косилки КС-2,1 предложено, помимо сварки в месте разрушения, усилить его путём приваривания дополнительной наружной втулки (рисунок 4 б). А для удобства выполнения сварочных работ изготовлено несложное приспособление (рисунок 5).



1 – шпильки стяжные; 2 – брусья упорные; 3 – шатун  
Рисунок 5 – Приспособление для фиксации шатуна при сварке

Ремонт шатуна был выполнен в лаборатории кафедры сварочных производств Курганского государственного университета. Применена ручная электродуговая сварка электродом марки ОК-46 при обратной полярности постоянного тока. После сварки производилась зачистка сварных швов (по радиусу галтелей) с помощью угловой шлифовальной машинки.

### 2 Сравнительная оценка гамма-процентного ресурса шатуна

Расчёт циклической долговечности шатуна (таблица) при симметричном цикле растяжения–сжатия в базовом и отремонтированном вариантах выполнен по методике [12].

Таблица 1 – Расчет характеристик сопротивления усталости шатуна в базовом и отремонтированном вариантах (обозначения и соотношения – в соответствии с [12])

Обозначение характеристики	Расчетная формула, № таблицы, рисунка или пункта указаний, пояснение	Найденная величина	
		базовый вариант	вариант после ремонта
$\overline{\sigma}_{-1}$	$(0,55 - 0,0001\sigma_g)\sigma_g$	249,7 МПа	249,7 МПа
$\nu_\sigma$	$0,211 - 0,000143\sigma_g$	0,1396	0,1396
$\alpha_\sigma$	черт. 20 приложения 3	3,373	1,196
$L$	$L = \pi d$	92,05 мм	104,93 мм
$\overline{G}$	$2,3/\rho$	23,0 мм <sup>-1</sup>	0,46 мм <sup>-1</sup>
$\frac{L}{\overline{G}}$	$\frac{L}{\overline{G}}$	4,0 мм <sup>2</sup>	228,1 мм <sup>2</sup>
$\Theta$	$\frac{1}{8,3} \cdot \frac{L}{\overline{G}}$	0,0453	2,583
$F(\Theta, \nu_\sigma)$	$\frac{2}{1 + \Theta^{-\nu_\sigma}}$	0,787	1,066
$\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}}$	$\alpha_\sigma \cdot F(\Theta, \nu_\sigma)$	2,65	1,27
$K_F$	черт. 3 приложения 4	0,93	0,85
$\square_0$	п. 1.11.2	1	1
$K_\nu$	без упрочнения	1	1
$K$	$\left( \frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} + \frac{1}{K_F} - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_\nu K_A}$	2,725	1,446
$K_1$	п. 1.3.1	1	1
$\overline{\sigma}_{-1}$	$K_1 \cdot \overline{\sigma}_{-1}$	249,7 МПа	249,7 МПа



$\bar{\sigma}_{-1}^p$	$0,8 \cdot \bar{\sigma}_{-1} [13]$	199,8 МПа	199,8 МПа
$\bar{\sigma}_{-1D}$	$\bar{\sigma}_{-1}^p / K$	73,3 МПа	138,2 МПа
$C$	$5 + \sigma_e / 80$	11,24	11,24
$m$	$C / K$	4,125	7,77
$v_{\sigma_{\max}}$	$0,1 / (1 + \theta^v)$	0,0606	0,0467
$v_{\sigma_{-1}}$	п. 3.3	0,06	0,1
$v_{\sigma}$	п. 3.4	0,1	0,06
$v_{\sigma_{-1D}}$	$v_{\sigma_{-1D}} = \sqrt{v_{\sigma_{\max}}^2 + v_{\sigma_{-1}}^2 + v_{\alpha\sigma}^2}$	0,131	0,126

Возникающие номинальные напряжения, определяемые по формуле сопротивления материала, в базовом варианте –

$$\sigma_n = \frac{F}{A} = \frac{F \cdot 4}{\pi(d^2 - d_0^2)} = \frac{(6705 \dots 7290) \cdot 4}{\pi[(33,4)^2 - (29,3)^2]} = 33,2 \dots 36,1 \text{ МПа,}$$

в варианте после ремонта –

$$\sigma_n = \frac{F}{A} = \frac{F \cdot 4}{\pi(d^2 - d_0^2)} = \frac{(6705 \dots 7290) \cdot 4}{\pi[(33,4)^2 - 27^2]} = 22,1 \dots 24,0 \text{ МПа,}$$

где  $F$  – усилие шатуна косилки (получено путём сопоставления экспериментальных данных работ [3] и [11]);

$A$  – площадь опасного поперечного сечения шатуна.

В соответствии с [12], для определения ме-

дианного значения предела выносливости  $\bar{\sigma}_{-1}$  было экспериментально определено среднее зна-

чение предела прочности стали  $\bar{\sigma}_e$ . Испытание образцов на растяжение до разрушения (рисунок 6) проведено на машине ИР-100. Для образцов, изготовленных из трубы нового шатуна, получено:

$\bar{\sigma}_e = 499,3$  МПа. Материал трубы шатуна, предположительно, – сталь 20.

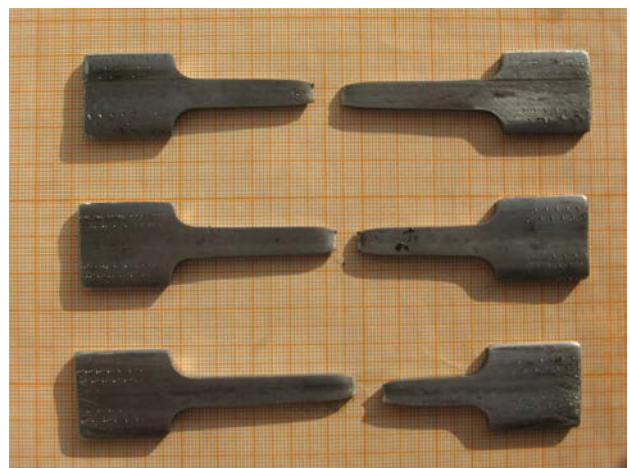


Рисунок 6 – Образцы из трубы шатуна после испытания на растяжение

По результатам таблицы, приняв [12] абсциссу точки перелома кривой усталости  $N_e = 2 \cdot 10^6$  циклов, получаем уравнение кривой усталости шатуна при вероятности разрушения  $P=50\%$  для номинальных, полученных по формулам сопротивления материалов, напряжений в базовом варианте (рисунок 7, сплошная кривая 1) –

$$\lg \sigma = 73,3 + \frac{1}{4,125} (\lg 2000000 - \lg N),$$

и в отремонтированном варианте (рисунок 7, сплошная кривая 2) –

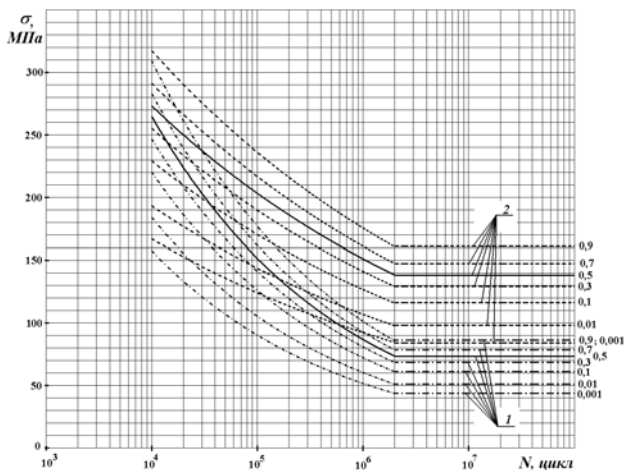
$$\lg \sigma = 138,2 + \frac{1}{7,77} (\lg 2000000 - \lg N)$$

Кривые усталости для других уровней вероятности разрушения (пунктирные линии на рисунке

7) определены через пределы выносливости шатуна на той же базе  $N_G$  в предположении справедливости нормального закона распределения по формуле [12]:

$$(\sigma_{-1})_P = \bar{\sigma}_{-1} \cdot (1 + z_P \cdot V_{\sigma_{-1Д}})$$

где  $z_P$  – квантиль нормального распределения, соответствующая заданной вероятности разрушения  $P$  [14].



1 – базовый вариант; 2 – вариант после ремонта  
Рисунок 7 – Расчётные кривые усталости (в номинальных напряжениях) трубы шатуна с вероятностью разрушения  $P=0,001...0,9$

Таким образом, при принятом в расчётах динамическом усилии на шатуне  $F=6705...7290$  Н, коэффициент запаса его циклической прочности в базовом варианте составляет

$$n = \frac{\sigma_{-1Д}}{\sigma_n} = \frac{73,3}{33,2...36,1} = 2,21...2,03$$

и (как показывает опыт эксплуатации) является недостаточным. Разрушения шатуна при эксплуатации, вероятно, вызваны неучтёнными при расчёте: изгибающим моментом и поперечной силой, возникающими вследствие инерционных и вибрационных нагрузок; неравномерностью толщины стенки из-за смещения оси цилиндрической расточки и овальности трубы шатуна.

Коэффициент запаса циклической прочности шатуна после ремонта равен

$$n = \frac{\sigma_{-1Д}}{\sigma_n} = \frac{138,2}{22,1...24,0} = 6,25...5,76$$

Это, как минимум, в 2,6 раза больше, чем в базовом варианте. Полученные результаты расчётов позволили рекомендовать отремонтированный шатун к применению в условиях эксплуатации, что и было сделано. После ремонта шатун отработал сезон полевых работ 2015 года и остался пригодным для дальнейшего использования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение усталостных датчиков из отожжённой оловянной фольги помогло установить причину недостаточной долговечности исследуемой детали. Правильность выбранной схемы ремонта с целью повышения прочности и ресурса шатуна и результаты теоретического обоснования такого повышения успешно подтверждены в реальных условиях эксплуатации при проведении полевых работ.

### Список литературы

- 1 Косилка скоростная навесная КС-2,1. Инструкция по сборке и эксплуатации / Завод сельскохозяйственного машиностроения имени Ухтомского. М. : Люберцы : Производственно-издательский комбинат ВИНТИ, 1968. 61 с.
- 2 Тютрин С. Г. Нагруженность кронштейна колебателя жатки «Полесье-600» // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». №2 (33). Вып. 9. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. С. 17-19.
- 3 Тютрин С. Г., Сабуркин Л. Н. Модернизация головки ножа косилки КС-2,1 по результатам контроля усталостными датчиками // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». №3(37). Вып. 10. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. С. 24-27.
- 4 Fricke W. G., jr. Fatigue Gages of Aluminum Foil // Proceedings of the American Society for Testing and Materials. V. 62 (1962). P. 268-269.
- 5 Тютрин С. Г., Тютрина Л. Н. Техническая диагностика металлических покрытиями // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». №1(17). Вып. 5. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. С. 11-12.
- 6 Бурков М. В., Панин С. В., Любутин П. С. и др. Применены тонкопленочных датчиков-фольга для оценки усталостной поврежденности композитов, армированных углеродными волокнами // XX Всероссийская науч.-технич. конф. по неразрушающему контролю и технической диагностике (Москва, 3-6 марта 2014 г.): тезисы докладов. М. : Спектр, 2014. С. 313-316.
- 7 Троценко Д. А., Давыдов А. К., Лисихин И. В. и др. Новый датчик деформаций интегрального типа // Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления : материалы научно-технической конференции «Датчик-2004». М. : МИЭМ, 2004. С. 198-199.
- 8 Тютрин С. Г. Повышение чувствительности усталостных датчиков для мониторинга нагруженности несущих элементов сельхозмашин // Труды ГОСНИТИ. Т. 112. Ч.2. М. : ГОСНИТИ. 2013. С. 131-133.
- 9 Тютрин С. Г., Манило И. И., Городских А. А. и др. Усталостный датчик из оловянной фольги // Тракторы и сельхозмашины. 2013. №9. С. 82-84.
- 10 Тютрин С. Г. К вопросу об использовании фольги промышленного изготовления в качестве датчиков для технической диагностики // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». №1(09). Вып. 3. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. С. 19-21.
- 11 Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / под ред. М. И. Клецкина. В 4 т. Т.3. М. : Машиностроение, 1968. 744 с.
- 12 ГОСТ 25.504-82 Расчеты и испытания на прочность. Методы расчета характеристик сопротивления усталости. М. : Изд-во стандартов, 1982. 82 с.
- 13 Когаев В. П., Махутов Н. А., Гусенков А. П. Расчёты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. М. : Машиностроение, 1985. С. 146.
- 14 Большеев Л. Н., Смирнов Н. В. Таблицы математической статистики. М. : Наука, 1983. 416 с.

**С.Г. Тютрин**  
**Курганский государственный университет**

## ПРИМЕНЕНИЕ ОЛОВЯННОЙ ФОЛЬГИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ БЕСЧИСЛЕННОМ МНОЖЕСТВЕ ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ

**Аннотация.** *Описан способ определения напряжений с помощью оловянной фольги при неизвестном числе циклов нагружения. Приведены результаты лабораторных испытаний на стальных образцах. Показано, что размеры, форма и плотность скоплений следов дислокаций на поверхности фольги зависят от амплитуды действующих на поверхности образца напряжений. Работа нацелена на расширение возможностей применения фольги и металлопокрытий в качестве средств мониторинга циклически нагруженных деталей машин.*

**Ключевые слова:** оловянная фольга, усталостный датчик, циклические напряжения, измерение.

**S.G. Tyutrin**  
**KurganStateUniversity**

## THE TIN FOIL APPLICATION FOR DETERMINING THE STRESSES IN A COUNTLESS NUMBER OF LOADING CYCLES

**Annotation.** *The article describes a method of determining the stresses using tin foil in an undetermined number of loading cycles. The results of laboratory tests on the steel specimens are represented. It is shown that the size, shape and density of dislocation trace clusters on the foil surface depend on the amplitude acting on the specimen surface stresses. The paper aims to expand the use of foil and metal coating as a means of monitoring cyclically loaded machine parts.*

**Keywords:** tin foil, fatigue gage, cyclic stresses, measurement.

### ВВЕДЕНИЕ

Порядок применения фольги и металлических покрытий в качестве датчиков для определения напряжений на поверхности контролируемой детали состоит из двух этапов [1-3]. На первом этапе получают калибровочную кривую фольги, т.е. зависимость между амплитудой действующих на поверхности калибровочного образца напряже-

ний и числом циклов до появления реакции датчика. При этом материал и технология изготовления калибровочного образца, а также условия его нагружения должны быть максимально близкими к конструкционным, технологическим и эксплуатационным параметрам контролируемой детали (нередко калибровочные образцы вырезают непосредственно из контролируемых деталей). В результате калибровочных испытаний датчик деградирует, его удаляют с поверхности калибровочного образца и повторно не используют (при высокой ценности, металл датчика может быть направлен на переплавку).

На втором этапе другой датчик в виде фрагмента фольги, размеры которого соответствуют размерам контролируемой поверхности детали, наклеивают на эту поверхность. Деталь подвергают нагружению в эксплуатационных или лабораторных условиях с периодическими остановками для оценки состояния датчика. В результате устанавливают число циклов нагружения до появления реакции датчика. В итоге с помощью калибровочной зависимости, зная число циклов до появления реакции датчика, устанавливают амплитуду напряжений, действовавших на поверхности контролируемой детали.

### 1 Цель исследования

В случае, когда число циклов нагружения детали никак не учитывается, а осмотр датчиков производится очень редко (например, в сельском хозяйстве – после окончания сезона полевых работ, когда деталь испытала многие сотни тысяч циклов нагружения [4; 5]) возникает вопрос, можно ли извлечь из таких датчиков какую-либо полезную информацию.

Положительный ответ на данный вопрос впервые был дан в работах Д.А. Троценко при использовании датчиков из гальванической фольги. Был отмечен такой факт, что если образцы и конструкцию испытывать до полного изменения исходной структуры датчиков, то средние значения размеров выросших зёрен в структуре датчика зависят от величины амплитуды цикла напряжений. По измеренным средним значениям размеров выросших зёрен в структуре каждого датчика судят о нагруженности конструкции [6].

Покажем, что аналогичный подход (даже не прибегая к травлению фольги для исследования её микроструктуры) можно применить с использованием высокочувствительных усталостных датчиков из отожжённой оловянной фольги.

### 2 Порядок проведения исследования

В работе использовались стальные образцы с конической полированной рабочей частью из высокопрочной стали 40ХН после закалки и отпуска до твердости поверхности 45HRC и из стали обыкновенного качества СтЗсп в состоянии поставки. Датчики изготавливались из оловянной фольги промышленного производства толщиной 20 мкм (ГОСТ 18394-73) с дополнительным отжигом при температуре 203°C [7; 8]. Фольга полировалась



с помощью алмазной пасты №1/0. Состояние поверхности датчиков контролировалось с помощью оптического микроскопа МБС-9 при увеличении 98<sup>x</sup>. Датчики на образцах крепились с помощью клея «Момент-1».

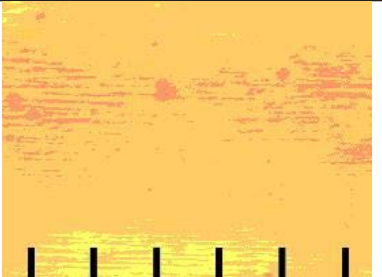


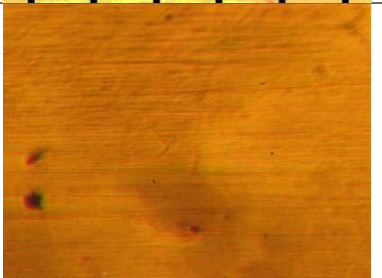
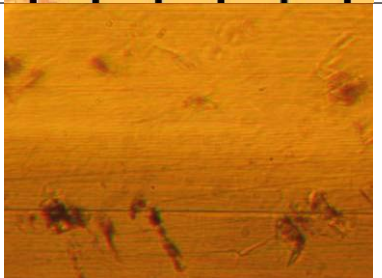
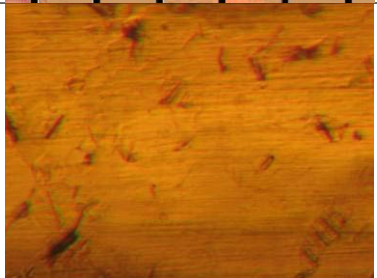

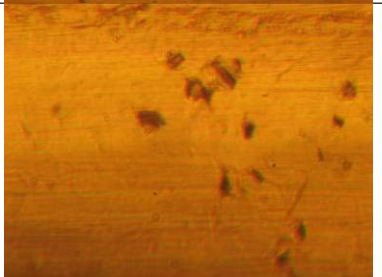


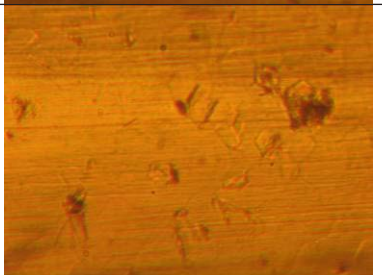
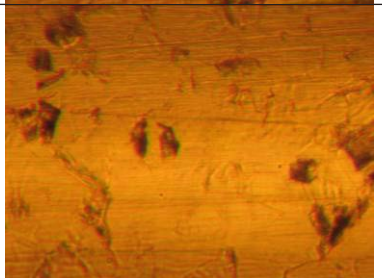
Испытания проводились с помощью машины усталостных испытаний МУИ-6000 с дополнительным приводом, обеспечивающим нагружение образца с частотой 3,3 с<sup>-1</sup>. Схема нагружения – изгиб с вращением.

Применение калибровочных образцов с конической рабочей частью известно по работе [1] и удобно тем, что в разных поперечных сечениях (с разными диаметрами) на поверхности такого образца возникают разные значения максимальных напряжений при постоянной величине действующего изгибающего момента. Это позволяет после каждого шага испытаний контролировать изменение состояния поверхности фольги при разных амплитудах действовавших напряжений.

### 3 Результаты исследования

В таблицах 1 и 2 приведены фотографии трёх участков поверхности фольги, испытывавших разные величины амплитуд напряжений, после действия разных чисел циклов нагружения. Шаг изображённой масштабной сетки составляет 0,1 мм.

Таблица 1 – Кинетика изменения следов дислокаций на поверхности оловянного усталостного датчика в зависимости от амплитуды напряжений  $\sigma$  и числа циклов нагружения  $N$  (материал образца – сталь 40ХН)

N, тыс. цикл.	$\sigma$ , МПа		
	41,6	59,5	86,6
0			
40			
80			
200			

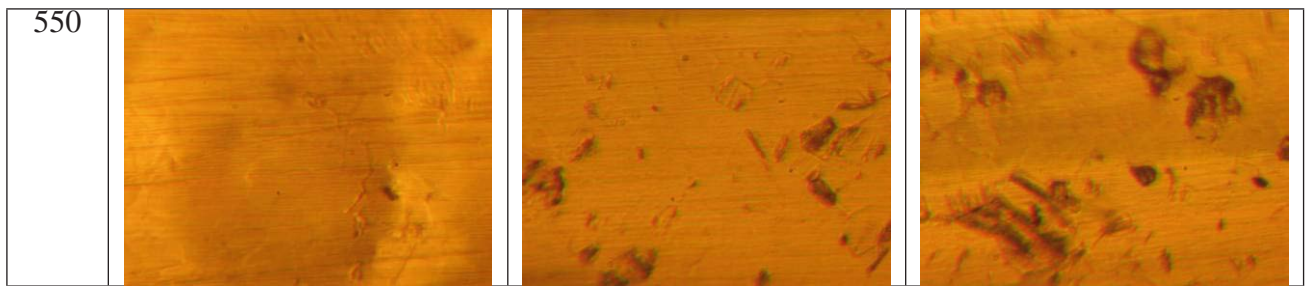


Таблица 2 – Кинетика изменения следов дислокаций на поверхности оловянного усталостного датчика в зависимости от амплитуды напряжений  $\sigma$  и числа циклов нагружения  $N$  (материал образца – СтЗсп)

N, тыс. цикл.	$\sigma$ , МПа		
	37,5	60,4	79,8
0			
40			
80			
200			
550			

По результатам зрительного анализа представленных фотографий можно отметить следующие закономерности.



Размеры, форма и количество (плотность) следов дислокаций на поверхности оловянных усталостных датчиков зависят от величины амплитуды действовавших циклических напряжений: при амплитуде циклических напряжений около 40 МПа возникают лишь единичные малозаметные при увеличении  $98^\times$  следы дислокаций; при амплитуде циклических напряжений около 60 МПа возникает большое количество хорошо заметных при увеличении  $98^\times$  следов дислокаций, длина и ширина которых имеют примерно одинаковые размеры и составляют  $\approx 0,05 \dots 0,1$  мм; при амплитуде циклических напряжений около 80 МПа возникает большое количество хорошо заметных следов дислокаций, длина которых значительно больше ширины и составляет  $\approx 0,1$  мм при ширине  $\approx 0,02$  мм.

После появления дислокаций в материале датчика он, вследствие усталостного растрескивания, теряет свою работоспособность. Произошедшие до этого изменения в структуре как бы «замораживаются».

Данные различия более заметны и более характерны для образца из стали СтЗсп, поскольку в нём (по сравнению с образцом из стали 40ХН) доля микропластических деформаций при заданных в эксперименте амплитудах напряжений значительно выше.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Размеры, форма и плотность следов дислокаций на поверхности оловянной фольги различаются в зависимости от амплитуды действующего на поверхности образца напряжения и почти не изменяются даже при многократном росте числа циклов нагружений.

Полученные результаты открывают возможность выполнять приближённый, оценочный анализ величин амплитуд действовавших на поверхности деталей напряжений, не зная точного числа большого количества циклов нагружений.

#### Список литературы

- 1 Окубо Х. Определение напряжений гальваническим меднением / пер. с яп. М.: Машиностроение, 1968. 152 с.
- 2 Fricke W. G., jr. Fatigue Gages of Aluminum Foil // *Proceedings of the American Society for Testing and Materials*. V. 62 (1962). P. 268-269.
- 3 Тютрин С. Г. *Техническая диагностика металлических покрытиями: монография*. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2007. 144 с.
- 4 Тютрин С. Г. Место усталостных датчиков в системе технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники // *Материалы LV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. проф., д-ра с.-х. наук М. Ф. Юдина*. Челябинск: ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ, 2016. Ч. III. С. 108-113.
- 5 Тютрин С. Г., Сабуркин Л. Н. Модернизация головки ножа косилки КС-2,1 по результатам контроля усталостными датчиками // *Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки»*. №3(37). Вып. 10. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. С. 24-27.
- 6 А.с. 1357778 СССР, МКИ G01N 3/32. Способ оценки характеристик циклической нагруженности конструкции / Д. А. Троценко (СССР). №3942072/25-28; Заявлено 13.08.85; Опубл. 07.12.87. Бюл. №45.

7 Тютрин С. Г., Манило И. И., Городских А. А. и др. Усталостный датчик из оловянной фольги // *Тракторы и сельхозмашины*. 2013. №9. С. 82-84.

8 Тютрин С. Г. Повышение чувствительности усталостных датчиков для мониторинга нагруженности несущих элементов сельхозмашин // *Труды ГОСНИТИ*. Т. 112. Ч.2. М.: ГОСНИТИ. 2013. С. 131-133.



# ТРАНСПОРТ

УДК 629.113

**А.А. Абабкова**  
*Курганский государственный университет*

## СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

**Аннотация.** В статье представлен обзор свойств полностью электрических и гибридных автомобилей. Рассмотрен принцип действия системы рекуперативного торможения и системы «старт – стоп». Описаны преимущества применения гибридного привода на гусеничных машинах.

**Ключевые слова:** система рекуперации энергии при торможении, гибридные транспортные средства, энергоэффективность, гусеничная машина, система «старт – стоп».

**A. A. Ababkova**  
*Kurgan State University*

## WAYS OF INCREASE OF ENERGY USAGE EFFICIENCY IN VEHICLES

**Annotation.** The article presents an overview of the properties of fully electric and hybrid cars. The principle of action of the regenerative braking system and the system «start – stop». The article also describes the advantages of applying the hybrid drive for a tracked vehicle.

**Keywords:** the energy recovery system under braking, hybrid vehicles, energy efficiency, tracked vehicle, system «start – stop».

На сегодняшний день мировая общественность столкнулась с проблемой эффективного использования имеющихся энергетических ресурсов. Все большую популярность набирают альтернативные источники энергии, такие как солнечная, ветровая, геотермальная энергия и др. Использование таких экологически чистых источников позволяет снизить загрязнение окружающей среды и уменьшить потребление углеводородного топлива. Но, несмотря на это, зачастую полученная энергия расходуется крайне неэффективно. Поэтому, в последние годы наблюдается ужесточение требований мирового сообщества к энергосбережению, энергоэффективности и охране окружающей среды, что заставляет специалистов различных направлений искать новые технические решения. Особенно интенсивно это проявляется в автомобильной промышленности.

Это связано с тем, что автомобиль можно рассматривать как устройство для напрасного расходования энергии. Так, коэффициент полезного действия (КПД) бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) по оценкам экспертов составляет максимум тридцать три процента, причем часть ее теряется через систему охлаждения, часть – через систему выпуска отработавших газов, часть при торможении, а также при движении в пробках [1]. К тому же автомобили с ДВС являются источниками загрязнения окружающей среды, с отработавшими газами в атмосферу выделяются сотни токсичных компонентов. В связи с этим, активно проводятся работы по поиску экологически чистых и энергоэффективных транспортных средств. Наиболее экологичным является электромобиль. Основные преимущества такого вида транспорта по сравнению с традиционными автомобилями следующие [2]:

Экологичность. При работе сам двигатель не выделяет никаких загрязняющих веществ, но, необходимо учитывать способ получения электроэнергии.

Низкий уровень шума. Электродвигатели вполне способны обеспечить тихий и плавный разгон, при этом способны давать большое ускорение.

Снижение расходов в эксплуатации. В большинстве стран стоимость электроэнергии значительно меньше, чем стоимость углеводородного топлива. Учитывая высокую эффективность электромобилей в сравнении с автомобилями с ДВС, стоимость (в перерасчете на км. пути) примерно в 3-4 раза дешевле стоимости бензина. Также, электромобилям не требуется замена масла и некоторых комплектующих, поэтому затраты на техническое обслуживание снижаются.

Но у электромобилей имеются и недостатки:

Ограниченный запас хода. Самые доступные электромобили имеют запас хода на одной зарядке только около 130-160 км и необходимо несколько часов, чтобы полностью зарядиться.

Большое время зарядки. При зарядке от источника электроэнергии 220 вольт в течение часа, запас хода электромобиля увеличивается на 32-40 км. Сейчас, становятся более доступными общественные станции быстрой зарядки, которые способны добавлять примерно 80 км запаса хода за 20-25 минут.

Стоимость. Электромобили значительно дороже, чем сравнительно неплохо оборудованные транспортные средства с ДВС.

Ограниченность потребительского выбора. Электромобили на рынке, в основном, представлены компактными моделями.

Как мы видим, электрические транспортные средства по многим параметрам уступают автомобилям с бензиновым или дизельным ДВС.

Кроме этого, для полностью электрического автомобиля требуется специфическая инфраструктура для заряда батарей, на оборудование которой требуются значительные материальные ресурсы. Поэтому на сегодняшний день широкое распространение получили гибридные автомобили.

В классическом понимании гибридный автомобиль – автомобиль, использующий для привода ведущих колёс более одного источника энергии [3]. Современные автопроизводители часто используют сочетание ДВС и электродвигателя. Такие транспортные средства обладают преимуществами электрического привода, но не обладают его недостатками (ограниченность хода). При этом ДВС работает в режиме малых нагрузок, что снижает вредные выбросы в атмосферу, и имеется возможность рекуперации кинетической энергии при торможении, которая в обычных автомобилях переходит в тепловую и рассеивается в окружающую среду. Таким образом, гибридный привод транспортного средства комбинирует электрический двигатель, двигатель внутреннего сгорания, систему управления и системы хранения энергии, также в них активно используется системы рекуперации энергии при торможении.

Применение систем рекуперации энергии торможения улучшает топливную эффективность силовой установки автомобиля. Для снижения скорости движения в таких системах применяется электродвигатель, включенный в трансмиссию транспортного средства. В процессе торможения электродвигатель начинает работать в генераторном режиме, на валу двигателя создается тормозной момент и вырабатывается электрическая энергия, которая накапливается в аккумуляторной батарее. Полученная таким образом энергия используется для движения автомобиля.

В гибридных транспортных средствах при торможении тяговый электродвигатель используется как генератор, обеспечивая вращающий момент на колесах и подзаряжающий накопители энергии. Энергия, полученная в процессе рекуперации может быть использована для ускорения автомобиля или для питания внешних и внутренних потребителей. Наиболее эффективно рекуперативное торможение на передней оси автомобиля, это связано с тем, что до 70% кинетической энергии при торможении приходится именно на переднюю ось.

При эксплуатации автомобиля в городских условиях, почти постоянно приходится разгоняться и тормозить. При разгоне мощность ДВС расходуется на увеличение скорости, а при торможении кинетическая энергия разогнавшегося автомобиля (от 15 до 60%) просто теряется. Объем потерянной энергии зависит от вида автомобиля и типа движения (город, шоссе). Исследователи, с помощью математических моделей установили, что при использовании даже нескольких процентов этой энергии, при движении в городских условиях, потребление топлива снижается на 20-30% [4].

Рассмотрим подробнее систему рекуперативного торможения гибридного автомобиля. При движении в обычном режиме, вспомогательный ДВС вращает генератор. Тяговые электродвигатели получают от него питающее напряжение и крутят колеса. В процессе торможения автомобиля, генератор отключается, и тогда уже колеса крутят тяговые электродвигатели, при этом они начинают работать как генератор и вырабатывают электрическую энергию, которая накапливается в аккумуляторе. Таким образом, в процессе рекуперации, энергия торможения становится электроэнергией.

Применение систем рекуперативного торможения возможно не только на гибридном автомобиле. Например, на многих машинах семейства BMW реализуется аналогичный способ, с некоторыми изменениями. Существуют модели BMW у которых при разгоне генератор не работает, это уменьшает нагрузку на ДВС, и позволяет уменьшить потребление топлива. А когда водитель начинает процесс торможения, подключается генератор и начинает подзарядку аккумуляторной батареи.

Такой способ применения энергии прилученной в процессе торможения автомобиля, для зарядки аккумуляторной батареи, с последующим питанием от нее бортовой электроники, является традиционным. Как уже отмечалось, это позволяет добиться топливной экономичности и повышения динамических характеристик, посредством расходования мощности ДВС исключительно на движение. Наряду с этим методом, автопроизводители используют и другие способы для рационального использования энергии в процессе торможения.

Одним из направлений экономии энергии на автомобиле является система «старт – стоп» с рекуперацией [1]. Она реализована на машинах многих семейств – BMW, Audi, Mercedes и другие, успешно ее применяют в конструкции своих автомобилей. Назначение такой системы – экономия топлива, но зачастую при этом она работает совместно с режимом рекуперации энергии торможения. Согласно исследованиям, выяснилось, что до тридцати процентов времени, ДВС работает на холостом ходу. Это связано с особенностями движения транспорта в городских условиях. В плотном потоке движения автомобиль совершает частые остановки на светофорах, пешеходных переходах, а в крупных городах образуются большие пробки и имеются другие помехи движению. Вот в таких условиях применяется режим «старт – стоп».

Данный режим реализуется следующим образом – при остановке (в пробке, на светофоре и т.д.) тепловой двигатель глушится (стоп), а при необходимости начать движение запускается (старт). Все эти операции выполняют сложные электронные системы, анализирующие показания датчиков, которые характеризуют режим работы двигателя и выполняемые водителем управляющие действия. В некоторых случаях этот процесс дополняется рекуперативным торможением, что способствует дополнительной зарядке аккумулятора.

Для успешной работы системы «старт – стоп», необходимо наличие усиленного стартера или стартер-генератора. В самом простом варианте система, принцип работы которой описан выше, позволяет экономить до восьми процентов топлива, а также снижает содержание вредных веществ в составе выхлопных газов. По оценкам специалистов, в ближайшем будущем не только машины Mercedes, BMW или Audi будут применять режим «старт – стоп», подобные системы станут чуть ли не обязательными для всех производителей.

Однако при некоторых условиях система «старт – стоп» блокируется. Одним из них является уровень заряда аккумулятора. (При снижении до величины равной семидесяти пяти процентам от номинальной, система отключается.) Кроме того, водитель может принудительно отключить режим «старт – стоп» с панели управления.

Очень широко рекуперация применяется на гоночных машинах, таких как Формула 1. Не только гибридные автомобили, но и обычные транспортные средства, оснащенные подобными системами, позволяют более эффективно расходовать топливо и обеспечивают его экономию за счет использования энергии торможения и специальных режимов движения.

В последнее время гибридные технологии начинают активно использоваться и в военной технике. Такие конструкции все больше разрабатываются многими фирмами Японии, Европы и США для колесных машин, в том числе и для тяжелых [5]. Основным эффектом в этих конструкциях – снижение расхода топлива до 30...50%. Он достигается за счет рекуперации энергии в условиях движения машины с интенсивным торможением и на склонах. Следует отметить, что по опубликованным данным, топливо занимает до 70% объема прифронтных грузовых перевозок. А стоимость одного галлона топлива, доставленного в район военных действий, возрастает почти на два порядка и достигает 400 долларов. Использование гибридных технологий в военной технике позволяет получить тактическое преимущество перед противником и снизить затраты на доставку топлива в места ведения боевых действий.

Основные преимущества применения гибридных транспортных средств в военной технике, связаны с тягово-динамическими и рядом других эксплуатационных свойств, таких как, маневренность и динамика разгона, малозаметность (режим «стелс»), надежность и живучесть, электропитание бортовых и внешних потребителей.

Маневренность мобильной военной техники имеет особое значение в боевых условиях, так как необходима немедленная смена позиции техники после выстрела. Применение гибридных технологий позволяет в полтора-два раза (в зависимости от мощности электрических машин и емкости батарей) превзойти мощность ДВС, поэтому возрастает динамика разгона машины и сокращается время передислокации. Кроме того благодаря ис-

пользованию электрической машины обеспечивается высокое качество старта (трогания с места), а ДВС работает на режиме минимального расхода топлива.

Малозаметность (режим «стелс») также приобретает особое значение. Запас хода на режиме электропривода у ряда созданных образцов быстроходных гусеничных машин (БГМ) достигает 20 км, что важно для ведения разведки и спец операций.

Однако применительно к конструкции БГМ, для которых обеспечение подвижности при снижении расхода топлива имеет еще большее значение, так как повышается автономность функционирования (запас хода по топливу) гибридные технологии применяются пока ограниченно. Исключения составляют конструкции фирм Magneto и Renk, а также опытная конструкция для машины М-113. Это связано с рядом объективных обстоятельств:

1. Ограничение мощности (абсолютной и удельной) известных конструкций электрических машин и накопителей энергии.

2. Трудности обеспечения требуемого температурного режима электромашин, систем управления, преобразователей энергии, расположенных в закрытом корпусе машины.

3. Сложность конструкции силовой установки и ее системы управления, вызванными особенностью функционирования в составе гусеничной машины.

В настоящее время на гибридных автомобилях, в том числе и на гусеничной технике, широко применяются системы рекуперации энергии торможения. Объем энергии получаемой при рекуперации зависит от следующих факторов:

- закон управления движением;
- внешние условия движения;
- конструкция ходовой части машины;
- конструкция силовой цепи от двигателя до ведущих колес.

Все эти факторы оказывают большое влияние на величину рекуперированной энергии.

В реальных условиях движения гусеничная машина движется по различным типам дорожно-грунтовых условий. При движении гусеничных машин по грунтовым дорогам и местности неизбежно возникают колебания подрессоренного корпуса, так как даже мелкие неровности на пути оказывают возмущающее действие и возбуждают колебания. Энергию этих колебаний возможно использовать посредством применения пьезоэлектрических генераторов, такие разработки производятся в Японии. Если ускорения оказываются слишком большими, то механик-водитель вынужден снижать скорость. Поэтому средняя скорость машины значительно ниже максимальной, следовательно, уровень кинетической энергии машины, которая впоследствии рекуперирована, невысок. При движении по совокупности грунтов в действительности удается рекуперировать около 5 %



полной кинетической энергии машины. Следует отметить, что это данные для движения одиночной машины. При движении машины в колонне ее средняя скорость будет еще ниже, а следовательно, значение рекуперированной энергии уменьшится [6]. Следовательно, рекуперация кинетической энергии в гусеничных машинах для ее последующего преобразования в движение нецелесообразна. Однако при этом не исключается использование рекуперированной энергии в других целях, например как источник энергии для работы внутренних и внешних устройств (ремонтных мастерских, жилых модулей). Основной причиной низкой степени рекуперации являются потери в гусеничном двигателе.

Как отмечалось ранее проблема эффективно использования имеющихся энергетических ресурсов очень актуальна, особенно в транспорте. Поэтому в настоящий момент ученые стараются снизить потери энергии при движении автомобиля и все больше осознают необходимость применения альтернативных источников энергии как для легкой, так и для тяжелой техники. Снижение потребления топлива достигается различными способами. Современные разработки в области электродвигателей и накопителей энергии позволяют накапливать большую энергию при небольших габаритах. Поэтому они все чаще применяются в автомобилестроении и робототехнике для создания гибридных и полностью электрических моделей. Также, активно ведется изучение и проектирование элементов, которые позволят гусеничным машинам эффективнее проводить боевые операции, повысить маневренность, экономичность и динамику. Применение гибридных технологии, рекуперативных систем, сложных систем управления, электронных элементов позволяет повышать экологичность, экономичность транспортных средств и их энергоэффективность. В связи с этим актуальной задачей современных производителей транспортных средств можно назвать разработку систем эффективного использования энергии в процессе движения. В настоящий момент наиболее перспективной является разработка гибридных приводов как для колесных, так и для гусеничных машин.

#### Список литературы

- 1 Znanieavto.ru / О системах рекуперации энергии в автомобилях BMW и других. URL: <http://znanieavto.ru/nuzhnoznat/rekuperaciya-energii-tormozheniya.html>, свободный. Загл. с экрана.
- 2 Ekotob.ru / Электромобили. Преимущества и недостатки. URL: <http://ekotob.ru/elektromobili-preimuschestva-i-nedostatki.html>, свободный. Загл. с экрана.
- 3 Гибридный автомобиль. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Гибридный\\_автомобиль](https://ru.wikipedia.org/wiki/Гибридный_автомобиль), свободный. Загл. с экрана.
- 4 Камолитдин З. З. Анализ способов рекуперации энергии торможения на автомобиле. 2013.
- 5 Красневский Л. Г., Николаев Ю. И. Перспективы применения гибридных силовых установок в военной автомобильной технике (по материалам зарубежной печати) // Актуальные вопросы машиноведения: сб. научн. тр. / ОИМ НАН Беларуси. Вып. 3. Минск, 2014. С.77-82.

6 Наказной О. А., Харитонов С. А., Никитин В. А. Частичная оценка целесообразности применения электрической трансмиссии быстроходных гусеничных машин. Инженерный журнал: наука и инновации, 2013. Вып. 10.

УДК 629.119.5 (075.8)

*М.М. Долгосурэн, С.П. Жаров*  
*Курганский государственный университет*

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕТИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности развития сети автозаправочных станций в России и представлен выбор критериев, позволяющих оценить эффективность данной сети для различных категорий автозаправочных станций. Предлагаемые материалы позволяют дифференцировано оценить сеть дорожных и городских автозаправочных станций.

**Ключевые слова:** автозаправочная станция (АЗС), автомобиль, топливо, протяженность дороги, интенсивность движения по дороге.

*M.M. Dolgorsuren, S.P. Zharov*  
*Kurgan State University*

## DEVELOPMENT TRENDS OF FILLING STATION CHAIN

**Annotation.** The article considers peculiarities of development trends of filling station chain in Russia and represents the criteria choice for estimation of effectiveness of the chain for different filling station categories. The suggested methodologies allow estimating the chain of roadside and urban filling stations.

**Keywords:** filling station, automotive vehicle, fuel, a stretch of road, vehicle density.

#### ВВЕДЕНИЕ

История развития автозаправочных станций (АЗС) как специализированных «топливных» магазинов началась с 1907 года, когда в Сिएтле компанией Standard Oil of California (сейчас ChevronTexaco) была открыта первая АЗС [6]. Первые станции располагались в сараях, в которых устанавливали бочки с топливом и ручными насосами.

Однако владельцы таких АЗС быстро поняли, что для дальнейшего развития бизнеса без стандартизации и маркетинга уже не выиграть нарастающую конкурентную борьбу, поэтому уже с начала двадцатых годов на АЗС стали активно внедряться единые корпоративные стандарты оформления станций с помощью ярких и запоминающихся логотипов владельцев и единых сервисов.

В России первые заправочные станции по-

явились еще в 1911 г., когда Императорское Автомобильное Общество заключило договор с Товариществом «Братья Нобель» относительно «Бензиновых станций». Уже в 1914 в крупных городах страны работало 440 таких станций.

#### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Наиболее интенсивно развитие АЗС начинается в 50-х годах прошлого века. В Советском Союзе все предприятия нефтепродуктообеспечения (нефтехранилища, трубопроводы, нефтебазы, АЗС) объединял «Госкомнефтепродукт». Согласно инструкциям «Госкомнефтепродукта» регулировался порядок поступления, хранения, отпуска и учета нефтепродуктов на нефтебазах и автозаправочных станциях (Инструкция о порядке поступления, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на нефтебазах, наливных пунктах и автозаправочных станциях системы Госкомнефтепродукта СССР (утв. письмом Госкомнефтепродукта СССР от 15 августа 1985 г. № 06/21-8-446).

В 1985 году количество коммерческих АЗС в Советском Союзе было 3200, на которых было установлено, более 19 тысяч топливо-раздаточных колонок. Система нефтепродуктообеспечения представляла собой четко сложившуюся иерархию с пирамидальным принципом управления из одного центра с устойчивыми связями и гибкими территориальными звеньями. В которой были разработаны соответствующие критерии для размещения сети автозаправочных станций.

Начиная с 90-х годов система АЗС в России развивалась достаточно стихийно, данный сектор рынка был очень привлекательным для бизнеса, а влияние государства минимальным. Конкуренция в топливном бизнесе весьма острая, а значит, в руках частного дела это прибыльное. Интенсивно открывались частные АЗС, при этом не было единой системы развития инфраструктурной сети.

В погоне за прибылью предприниматели нередко используют различные иногда недопустимые приемы и действия, что нередко отражается и на качестве предлагаемого топлива. Например, в отличие от западных рынков, где качественные характеристики продаваемого топлива практически идентичны и не зависят от конкретных поставщиков, в России одним из ключевых факторов конкурентоспособности является именно качество топлива.

Широкое распространение относительно дорогостоящих автомобилей импортного производства, чувствительных к качеству горючего, предопределяют особое внимание, которое уделяют их владельцы выбору заправочной станции. На психологическом уровне предпочтение отдается сетевым станциям вертикально-интегрированных нефтяных компаний, а также крупных и известных розничных торговцев. Предполагается, что качество топлива у них должно быть выше. Отсюда брендовая составляющая приносит большую рыночную стоимость.

Владельцы независимых АЗС считают, что

выгодное расположение АЗС и ее техническое оснащение не гарантируют устойчивую прибыль. Поэтому в последнее время популярен так называемый франчайзинг. Некрупный владелец АЗС, используя бренд одной из известных нефтяных компаний, увеличивает продажи. Как показывает опыт, только переход под крыло ЛУКОЙЛа может повысить продажу бензина на частной заправке в два раза.

Сегодня рынок автозаправочных станций в России продолжает развиваться. В мегаполисах, таких как Москва, Екатеринбург сеть автозаправочных станций в основном сформировалась и её развитие идет по пути технического совершенствования и расширения функциональности.

Согласно данным Российского топливного союза (Доклад на совещании ЦМТУ Росстандарта 10 декабря 2013 г.) [2], в 2012 году было зарегистрировано 21203 АЗС, из них 7373 АЗС принадлежат ведущим компаниям, а 13830 независимых АЗС.

В 2014 году сеть автозаправочных станций России, по данным различных источников оценивается в широком диапазоне, так например по данным автостата имеется информация о 24666 АЗС [3]. В Курганской области по данным 208 АЗС, в Кургане 69 АЗС. По данным другого источника [4] в России насчитывается 45000 АЗС.

Такая большая разница может иметь следующее объяснение, в первом случае речь идет только о АЗС зарегистрированных в базе данных как коммерческие предприятия, а во втором случае данные приводятся с учетом всех АЗС и топливозаправочных пунктов, на которых заправляется ведомственный автотранспорт дорожных, строительных, сельскохозяйственных и других предприятий, в этом случае регистрацией занимаются природоохранная организация.

Статистические данные характеризующие количество АЗС имеют важное значение при оценке развития инфраструктуры автомобильного транспорта, в которой автозаправочные станции занимают ведущее место.

Основные тенденции в развитии сети автозаправочных станций в России аналогичны мировым тенденциям. Как и во всех развитых странах, в России основным направлением в развитии автозаправочного бизнеса стало создание многофункциональных комплексов, обеспечивающих обслуживание клиентов в соответствии с лучшими мировыми стандартами. Современная АЗС расширяет набор предлагаемых услуг автовладельцам. Особенно это актуально для дорожных АЗС, которые в настоящее время представляют собой мощные автозаправочные комплексы.

Данные комплексы предлагают клиентам широкий диапазон услуг: заправка автомобилей топливом, продажа эксплуатационных материалов и запчастей, продажа продуктов питания и потребительских товаров, услуги кафе, мотелей, охраняемые стоянки, посты мойки, шиномонтажа и

ремонта, посты самообслуживания. Расширение функциональности автозаправочных комплексов позволяет повысить доходы предприятия и более полно удовлетворить потребности автовладельцев. Основой таких комплексов продолжает оставаться автозаправочная станция.

Рассматривая тенденции развития сети АЗС в России необходимо учитывать и многолетний зарубежный опыт. Так, например, если мы сравним данные о количестве АЗС в период 80-х годов прошлого века и спустя 30 лет в 2012 году, наблюдается интересная зависимость (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика сети АЗС

Страна	США	Германия	Англия	Франция	Япония	Италия
Численность АЗС, тыс. шт	1982	214	46	38	44	33
	2012	121,4	19,6	8,9	13,1	38
						39
						23,2

Как видно из приведенных данных в большинстве развитых стран количество АЗС снизилось в 2 и более раз. В развивающихся странах Азии, Латинской Америки и Африки происходит рост количества АЗС [4]. Основной причиной этого процесса конечно является целенаправленная деятельность крупных игроков топливного рынка.

В России, как указывалось в эти годы процесс развития сети АЗС имеет положительную динамику. Количество АЗС в СССР в 80-х годах было несравнимо ниже, чем в развитых странах 3 тысячи 200 автозаправочных станций, а в 2012 году только коммерческих АЗС 21203. Сейчас уже можно говорить о насыщении рынка нефтепродуктообеспечения точками розничной торговли топливом (АЗС) и поэтому необходим детальный анализ, с целью выбора критериев оценки сети АЗС.

В качестве таких критериев предлагаются следующие: удельное количество автомобилей, приходящихся на одну АЗС, протяженность дорог на одну АЗС, территория на одну АЗС и количество топлива реализуемого через одну АЗС.

В 2014 году сеть автозаправочных станций России насчитывает 24514 АЗС, в Курганской области 207 АЗС, в Кургане 69 АЗС. При этом в России зарегистрировано 40,8 млн. легковых автомобилей, 8,1 млн. коммерческих автомобилей и 2,5 млн. единиц мототранспорта. В таблице 2 представлены данные о развитии инфраструктуры автомобильного транспорта в некоторых странах в 2012 году.

В Курганской области 308594 автомобиля, на одну АЗС приходится 1490 автомобилей. В городе Кургане, 107687 автомобилей и 69 АЗС. Значит на одну АЗС приходится 1561 автомобиль.

Таблица 2 – Количество автомобилей приходящихся на одну АЗС

Страна	Кол-во АЗС, шт.	Коло-во автомобилей, млн шт.	Удельное кол-во автомобилей на одну АЗС, авт./АЗС
Беларусь	800	2,6	3250
Китай	98500	250	2538
Россия	21200	50,5	2382
США	121400	252	2076
Япония	38000	73,9	1946
Канада	12300	22	1789
Европа	134000	230	1716
Украина	6200	8,2	1323
Казахстан	4300	3,6	837

Протяженность автомобильных дорог в России 1 млн. 396 тысяч километров, на одну АЗС приходится 56,9 километров. Анализ автодорог в Курганской области показывает что из общего количества автодорог: 730 км дорог федерального значения, 2035 км регионального, 5863 муниципального и 8597 местных. Из них 8955 км дорог с твердым покрытием. Тогда на одну АЗС приходится 44 км автомобильных дорог с твердым покрытием.

Однако этот показатель учитывает все АЗС Курганской области, которые включают и АЗС г. Кургана, Шадринска и других районных центров 144 АЗС (таблица 3).

Таблица 3 – Количество городских АЗС в Курганской области

Город (районный центр)	Кол-во АЗС (шт.)	Город (районный центр)	Кол-во АЗС (шт.)
Курган	69	Далматово	2
Катайск	2	Куртамыш	5
Макушино	4	Петухово	4
Шадринск	17	Шумиха	6
Щучье	3	Альменево	1
Белозерское	3	Варгаши	3
Глядянское	2	Звериноголовское	3
Каргаполье	3	Кетово	2
Лебяжье	3	Мишкино	2
Мокроусово	1	Половинское	1
Сафакулево	1	Частоозерье	1
Шатрово	2	Целинное	1
Юргамыш	2	Красный Октябрь	1

Без учета городских АЗС, в Курганской области около 64 АЗС расположены на областных дорогах и тогда удельный показатель для дорожных АЗС по Курганской области, равен 139 километров дорог с твердым покрытием на одну АЗС.

Анализ показывает, что АЗС в основном располагаются на дорогах федерального и регионального значения, а их общая протяженность в области 2765 километров, тогда на одну дорожную АЗС приходится 43 километра. Данный параметр соответствует общероссийским данным



и рекомендациям по развитию дорожной инфраструктуры. Кроме того необходимо учитывать, что большинство городов и районных центров расположены в непосредственной близости от дорог федерального и регионального значения и АЗС расположенные на этих дорогах отнесены к городским.

Для анализа дорожной сети города Кургана, рассмотрим протяженность основных улиц города по которым осуществляется движение автомобильного транспорта, общая их протяженность 134600 километров.

Таблица 4 – Протяженность основных транспортных магистралей г. Кургана

Название проспекта/улицы	Протяженность, м
Пр. Машиностроителей	7600
Пр. Голикова	6700
Пр. Конституции	3400
Ул. К. Мяготина	5900
Ул. Карбышева	4500
Ул. Куйбышева	4000
Ул. Гагарина	5500
Ул. Пролетарская	1800
Ул. Мостостроителей	5000
Ул. Красина	1700
Ул. Ленина	1700
Ул. Омская	8500
Ул. Химмашевска	1000
Ул. Бурова-Петрова	5400
Ул. Дзержинского	2900
Ул Панфилова	3200
Ул Комиссаров	2000
Ул. Гвардейская	2200
Ул. Советская	2700
Ул. Горького	3100
Ул. К. Маркса	3200
Ул. Баумана	1900
Ул. Станционная	1700
Ул. Половинская	2100
Ул. Савельева	1400
Ул. Крупской	2500
Ул. Гоголя	3600
Ул Пугачева	2800
У. Бажова	1900
Ул. Свердлова	1600
Ул. Зорге	1200
Бульвар Мира	2600
Дорога до Шадринского кольца	5200
Шоссе Тюнина	6700
Шоссе Ботаническое	3400
Трасса Иртыш (Омской мост – Шадринское кольцо)	14000
Итого	134600

Таким образом для города Кургана на одну АЗС приходится 1561 автомобилей и 1950 километров дорожной уличной сети.

За 2014 год объем потребления топлива ав-

тотранспортом в России составил 65,5 млн. тонн [5], что соответствует примерно 84 млрд. литров.

Бензина реализовано 39,7 млн. тонн (60,6%), дизельного топлива 24,4 млн. тонн (37,3%), ГАЗ (пропан бутан) 1,4 млн. тонн (2,2%). Бензин А-80 2,7 млн. тонн, АИ-92 21,9 млн. тонн, АИ-95 и АИ-98 15,1 млн. тонн.

Учитывая такое количество реализованного топлива имеем среднюю годовую реализацию через одну АЗС по России 2614,8 тонн через одну АЗС.

Согласно данным Российского топливного союза (Доклад на совещании ЦМТУ Росстандарта 10 декабря 2013 г.), в Москве через одну АЗС продается от 5000 до 60000 литров топлива в день, что соответствует годовой реализации от 2280 до 27300 тонн в год. Естественно, что среднероссийские данные находятся ближе к нижнему пределу реализации топлива через АЗС г. Москвы.

В Постановлении о государственной программе Курганской области «Энергоснабжение и повышение энергетической эффективности Курганской области на период до 2015 года и на перспективу до 2020 года», приведены данные о потреблении автомобильным транспортном 371 тысячи тонн условного топлива. Если предположить, что все топливо реализовано через сеть АЗС, которых в Курганской области насчитывается 207. Реализация через одну АЗС составит 2670 тонн жидкого автомобильного топлива в год, значение очень близкое к среднероссийским данным.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные данные позволяют понять, что при анализе сети автозаправочных станций необходимо вводить дифференцированные критерии для оценки инфраструктуры различных категорий АЗС.

Так, например, основным критерием для оценки городских АЗС необходимо выбирать удельное количество автомобилей, приходящихся на одну АЗС. Протяженность дорожной сети может использоваться только как дополнительный критерий.

Для г. Кургана этот показатель равен 1561 автомобилей на одну АЗС. Для города Москвы 745 автозаправочных станций и на улицы г. Москвы ежедневно выезжает 2 миллиона автомобилей [7], значит на одну АЗС приходится 2685 автомобилей.

Для сети дорожных АЗС основным оценочным критерием должен быть показатель удельной протяженности дорог. В Курганской на одну дорожную АЗС приходится 88 км дорог с твердым покрытием, удельное количество автомобилей можно рассматривать только как дополнительный параметр.

Дополнительно для дорожных АЗС важным параметром, который необходимо учитывать при определении мощности проектируемой АЗС является интенсивность движения на автодороге, в районе функционирования АЗС.

С точки зрения экономической эффективности АЗС важным показателем является реализация топлива на АЗС.

#### Список литературы

- 1 Жаров С. П. Автозаправочные станции : учебное пособие. Курган : Изд-во Курганского гос. университета, 2007. 184 с.
- 2 Доклад на совещании ЦМТУ Росстандарта 10 декабря 2013 г. URL: <http://www.rfu.ru/images/docs/analitika>, свободный. Загл. С экрана.
- 3 Поиск АЗС по регионам компаниям и направлениям. АЗС в России. URL: <http://www.benzin-price.ru/zapravka.php?region>. свободный. - Загл. С экрана.
- 4 Сколько АЗС в России. URL: <http://www.magistral116.ru/articles/article>. Своялдный. - Загл с экрана.
- 5 Потребление топлива автотранспортом России. URL: <http://www.autostat.ru/infographics/20962/>. Своюлдный. - Загл с экрана.
- 6 История развития АЗС в России. URL: [WWW/http://autozapravka.com/materials-all/history/168-the-history-of-gas-stations-in-russia.html](http://WWW/http://autozapravka.com/materials-all/history/168-the-history-of-gas-stations-in-russia.html) Своюлдный. - Загл с экрана
- 7 Оценка социально-экономического эффекта публикации открытых данных на примере данных общественного транспорта Москвы / Р. Е. Артамонов, С. Б. Датиев, А. Б. Жулин и др.: Нац. исслед. ун-т/ Высшая школа экономики. Центр анализа деятельности органов исполнительной власти. М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2015. 92 с.

УДК 658. 64. 629. 08.

*М.М. Долгорсурэн, А.О. Бурцев, С.П. Жаров*  
*Курганский государственный университет*

## ОЦЕНКА РАБОТЫ СКЛАДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности оценки работы склада запасных частей в различных организационных структурах автосервисного предприятия, в общей системе менеджмента. Предлагаемые методики оценки с применением сервисного коэффициента позволяют дифференцировано оценить работу склада запасных частей в структуре сервисный цех – склад – магазин.

**Ключевые слова:** склад, автосервисное предприятие, магазин запасных частей, сервисный цех, сервисный коэффициент.

*M.M. Dolgorsuren, A.O. Burtsev, S.P. Zharov*  
*Kurgan State University*

## PERFORMANCE EVALUATION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT PARTS DEPOT IN MANUFACTURING ACTIVITY OF CAR SERVICE CENTRE

**Annotation.** The article considers the peculiarities of performance evaluation of automotive equipment parts depot in various organisational structures of a car service centre in the general system of management. The suggested estimation methodologies with the use of service coefficient allow estimating the enterprise performance of automotive equipment parts depot in the structure «a service workshop – warehousing – shop».

**Keywords:** warehousing, car service centre, automotive equipment parts depot, service workshop, service coefficient.

### ВВЕДЕНИЕ

Оказание услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей непосредственно связано с использованием запасных частей и ремонтных, эксплуатационных материалов. Поэтому любое предприятие автосервиса вынуждено решать вопрос о способе обеспечения процесса обслуживания автомобилей запчастями и материалами.

На первый взгляд данный вопрос очень простой, однако, это не совсем так. Вопрос этот касается как минимум двух аспектов, формирующих услугу и в первую очередь оказывающих влияние на её конкурентоспособность. Первое качество услуги, второе её стоимость, а эти два параметра позиционируют на рынке услугу, так как автовладелец оценивает услугу в координатах «ЦЕНА/КАЧЕСТВО».

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Формирование качества услуги рассматривалось в работе [1], важным аспектом формирования качества услуги (рисунок 1) является контроль качества запасных частей, применяемых в процессе ТО и ремонта автомобилей, этими вопросами и должны в первую очередь заниматься специалисты отдела снабжения и комплекса подготовки производства, в состав которых входит склад.

Расходы связанные с содержанием складов достаточно велики, поэтому мелкие и многие средние автосервисные предприятия выбирают аутсорсинговую схему по обеспечению процессов ТО и ремонта автомобилей запчастями, они работают с розничными сетями поставщиков запасных частей, то есть приобретают запасные части и материалы в магазинах, по мере необходимости, на каждый конкретный заказ.

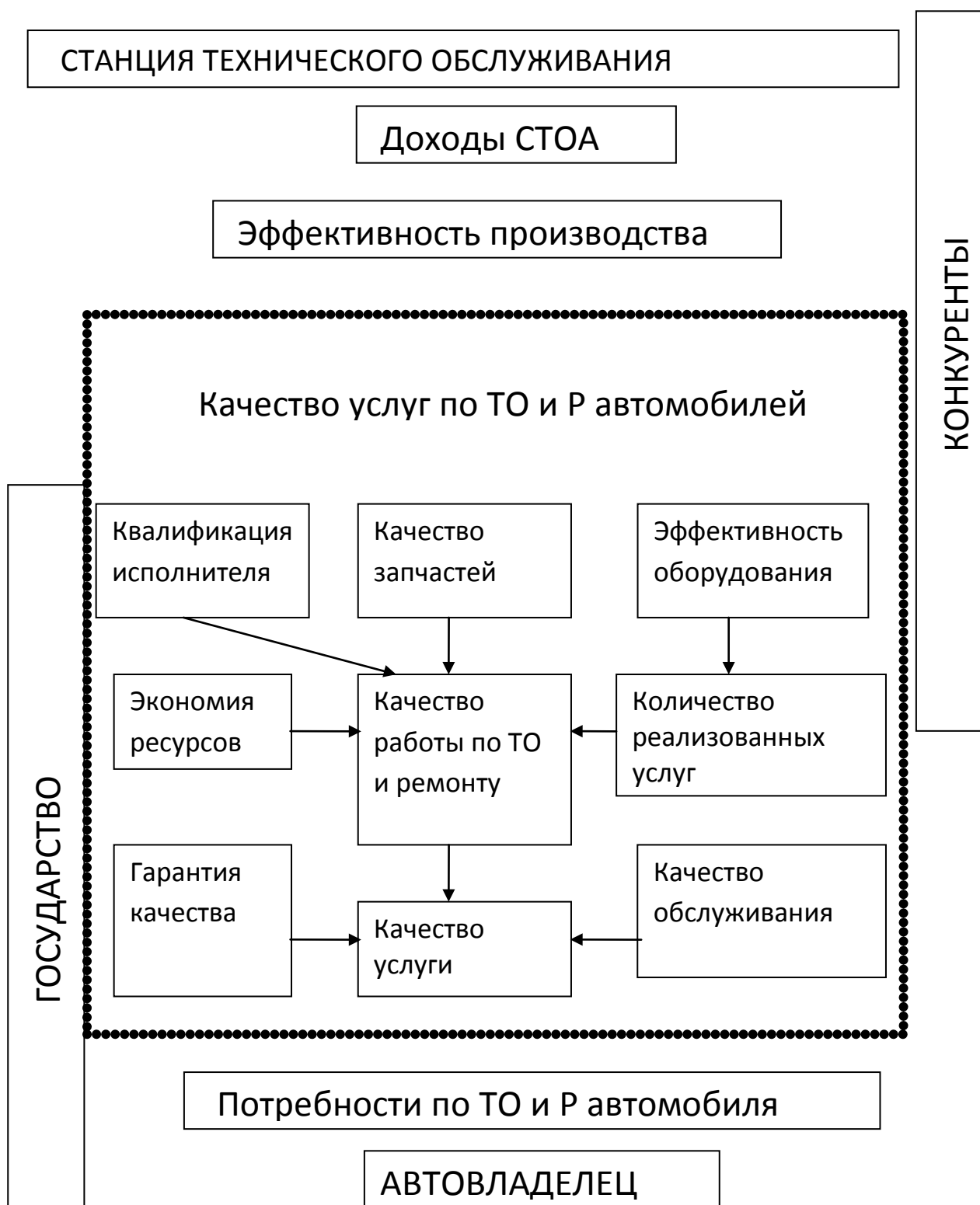


Рисунок 1 – Схема формирования качества услуг по ТО и Р автомобилей [1]



С точки зрения организации процесса обеспечения производства, это самый простой путь, однако такой вариант чаще всего самый дорогой для клиента, повышаются затраты времени на обеспечения заказа запасными частями. Кроме того, предприятие выполняющее работы по ТО и ремонту автомобиля несет ответственность за качество запасных частей, а в случае приобретения запасной части через магазин контроль качества значительно усложняется.

При реализации такого организационного решения, на некоторых предприятиях автосервиса создают кладовую, при этом ответственность за хранящиеся там запчасти и материалы возлагается на мастера производственного подразделения.

Автосервисное предприятие снижает расходы на зарплату группы материально-технического снабжения, однако негативным фактором такого варианта является возможные злоупотребления мастером производственного подразделения. В руках одного человека находятся вопросы производства и снабжения.

Следовательно, для крупных и даже средних автосервисных предприятий организация склада запасных частей является важным вопросом формирования организационно-производственной структуры. Наличие склада обязательно для дилерских станций технического обслуживания.

Большинство литературных источников [2; 3; 4] рассматривая структуру станции технического обслуживания, относят склад к комплексу подготовки производства, а это означает, что расходы, связанные с содержанием складов, формируют расходы сервисного цеха.

Поэтому в связи с большими расходами на содержание склада и с целью получения дополнительных доходов на предприятии, дополнительно организуют магазин по продаже запасных частей, материалов и автопринадлежностей.

Однако 51% дилеров [6] не продают запасные части другим независимым ремонтникам и только 30% реализуют запчасти в розницу независимым ремонтникам. При этом доля оборота склада через свой ремонтный цех составляет 73% и только 8% оборота склада приходится на розничную торговлю. Основной причиной такого подхода к решению вопросов связанных с работой склада, по видимому является нежелание заниматься достаточно сложными вопросами розничной торговли и отсутствие подготовленных специалистов, которые могут эффективно решать вопросы управления в рамках системы сервисный цех – склад – магазин.

Основной задачей руководителя отдела запчастей является обеспечение сервисного цеха и магазина необходимыми запасными частями, аксессуарами и техническими жидкостями в необходимый момент времени и с минимальными затратами.

Магазин запасных частей входит в коммерческую службу предприятия, при этом склад запасных частей по специфике своих бизнес-процес-

сов, особенностям работы с поставками запасных частей, учетно-контрольными операциями более приближен к магазину запасных частей, нежели к сервисному цеху станции технического обслуживания автомобилей (СТОА). Поэтому в организационной структуре СТОА административно склад относится к отделу продаж (рисунок 2) [5].

Розничная продажа через магазин позволяет повысить товароборот склада, однако в этом случае возникает вопрос критериев оценки работы склада, с целью мотивации работников отдела запасных частей на максимально полное обеспечения производственного процесса ТО и ремонта автомобилей запчастями и материалами. Для решения этих вопросов первичным является проблема определения места склада в системе сервисный цех – склад – магазин.

Для обеспечения прибыльности отдела запчастей, на складе должны храниться только необходимые запасные части в нужном количестве. Хранение лишнего количества запасных частей приведет к затовариванию склада, снижению оборачиваемости складских запасов и, как следствие, к снижению прибыли, получаемой отделом запасных частей.

С другой стороны, отдел запасных частей должен обеспечить наличие на складе запасных частей, которые могут потребоваться клиенту в данный момент времени. Для обеспечения максимально высокого уровня обслуживания на складе должен быть в наличии максимально широкий ассортимент запасных частей. Так как отсутствие запасных частей, необходимых для ремонта и обслуживания, приводит к уменьшению не только продаж запасных частей, но и продаж нормочасов, что скажется на имидже станции технического обслуживания и на имидже марки автомобиля в целом.

При рассмотрении бизнес процесса приемки автомобиля на станцию [5] мастер приемщик пользуется установленными нормативами времени выполнения своей работы специалистов различных подразделений с целью назначения сроков выполнения заказов.

В этом случае важное значение отводится оптимизации работ персонала сервисного цеха с отделами запасных частей, персоналом склада и магазина запасных частей. В большинстве случаев для дилерских станций технического обслуживания автомобилей на формирование заказа на запасные части необходимые для выполнения ТО и ремонта автомобилей отводится около 30 минут.

Для любого подразделения предприятия очень важно выработка критериев оценки их работы. Основной задачей руководителя отдела запасных частей является обеспечение СТО и магазина запасных частей необходимыми запасными частями, аксессуарами и техническими жидкостями в необходимый момент времени и с минимальными затратами.



Рисунок 2 – Организационная структура предприятия

Для обеспечения прибыльности отдела, на складе должны храниться только необходимые запасные части в нужном количестве. Хранение лишнего количества запасных частей приведет к затовариванию склада, снижению оборачиваемости складских запасов и, как следствие, к снижению прибыли, получаемой предприятием.

Таким образом, для обеспечения максимальной оборачиваемости складских запасов, мы должны хранить на складе минимальную номенклатуру запасных частей в минимальном количестве.

С другой стороны, отдел запасных частей должен обеспечить наличие на складе запасных частей, которые могут потребоваться клиенту в данный момент времени. Отсутствие запасных частей, необходимых для ремонта и обслуживания, приводит к уменьшению не только продаж запасных частей, но и продаж нормо-часов, сказывается на имидже всего предприятия. Для обеспечения максимально высокого уровня обслуживания на складе должен быть в наличии максимально широкий ассортимент запасных частей. Что может привести, к затовариванию склада, увеличению пространства, требуемого для хранения запасных частей.

При этом, если склад рассматривать как от-

дельное коммерческое предприятие, то основными показателями его работу будут показатели связанные с товарооборотом и работники склада основные усилия направят на реализацию запасных частей. Необходимо определиться каким образом будет увязана работа персонала отдела запасных частей с показателями работы магазина по продаже запасных частей и с показателями работ сервисного цеха.

Одним из показателей оценки, учитывающим влияние работы склада может быть предложен сервисный коэффициент. Этот коэффициент указывает количество позиций, которые выдаются на складе по первому требованию, по отношению к общему числу запрошенных позиций.

Наиболее часто сервисный коэффициент предлагается определять по нескольким методикам:

$$S_k = \frac{N_B}{N_3}, \quad (1)$$

где  $S_k$  – сервисный коэффициент;  
 $N_B$  – количество выданных деталей, шт;  
 $N_3$  – количество запрошенных деталей, шт.

$$S_K = \frac{L_B}{L_3}, \quad (2)$$

где  $S_K$  – сервисный коэффициент;

$L_B$  – количество выданных номенклатурных позиций запчастей, шт;

$L_3$  – количество запрошенных номенклатурных позиций запчастей, шт.

Под номенклатурной позицией понимается группа запчастей под одним номенклатурным номером (артикул запчасти).

$$S_K = \frac{Z_B}{Z_3}, \quad (3)$$

где  $S_K$  – сервисный коэффициент;

$Z_B$  – количество заказов на которые было выдано 100% запчастей, шт;

$Z_3$  – количество запрошенных заказов, шт.

В качестве примера рассмотрим одну и ту же ситуацию возникающую при совместной работе склада запасных частей и сервисного цеха посредством оценки с нескольких точек зрения.

Например: Для проведения ремонта автомобилей клиентов в течение рабочего дня в склад поступает запросы на следующие запасные части (таблица 1).

Таблица 1 – Характер обеспечения заявок на запчасти

Наименование товара	Запрошенное количество, ед.	Наличие на складе, ед.	Выданное количество, ед.
Фильтр воздушный	10	15	10
Свеча зажигания	40	28	28
Фильтр топливный	10	5	5

Итого: запрошено 60 шт., выдано по первому требованию 43 шт.

$$S_K = \frac{N_B}{N_3} \times 100 = \frac{43}{60} \times 100 = 71,67\%$$

Для проведения ремонта автомобилей клиентов в течении рабочего дня в склад поступает запрос на следующие запасные части (таблица 2).

Таблица 2 – Характер обеспечения заявок на запчасти

Наименование товара	Запрошенное количество, ед.	Наличие на складе, ед.	Выданное количество, ед.	Выданное количество номенклатурных позиций, $L_B$
Фильтр воздушный	10	15	10	1
Свеча зажигания	40	28	28	0,7
Фильтр топливный	10	5	5	0,5

Итого: запрошено 3 номенклатурные позиции: первая позиция удовлетворена полностью, вторая – на 70%, третья – на 50%.

$$S_K = \frac{L_B}{L_3} = \frac{1+0,7+0,5}{3} \times 100 = 73,3\%$$

Для проведения ремонта автомобилей клиентов в течении рабочего дня в склад поступает 10 нарядов следующей комплектации: 1 фильтр воздушный, 4 свечи зажигания и 1 фильтр топливный (таблица 3).

Таблица 3 – Характер обеспечения заявок на запчасти

Наименование товара	Запрошенное количество, ед.	Наличие на складе, ед.	Выданное количество, ед.	Количество закрытых нарядов
Фильтр воздушный	10	15	10	10
Свеча зажигания	40	28	28	28/4=7
Фильтр топливный	10	5	5	5

Итого: запрошено 10 нарядов, полностью удовлетворено 5 нарядов.

$$S_K = \frac{Z_B}{Z_3} \times 100 = \frac{5}{10} \times 100 = 50,0\%$$

Первые две расчетные величины сервисного коэффициента, очень близки по значениям и в основном учитывают работу склада с точки зрения выполнения товарооборота. Третий вариант сервисного коэффициента снижается более чем на 30% и учитывает не только потери в объеме продаж запасных частей, но и учитывает влияние отсутствия запчастей на производительность сервисного цеха.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Какой из трех способов применять, зависит от тех задач, которые ставит перед собой руководство автосервисного предприятия. Первые два варианта, имеют достаточно высокое значение, однако эти значения характеризует в основном работу склада, так как не учитывает удовлетворение количества заказ-нарядов из сервисного цеха.

В случае если мы будем рассчитывать сервисный коэффициент исходя из количества заказ-нарядов (вариант 3) результат будет минимальным, но именно это значение максимально полно отражает взаимодействие сервисного цеха и склада, как подразделения подготовки производства. Косвенно учитывается, каким образом работа склада может сказаться на отсрочке и поддержке выполнения заказов.

Следовательно, можно предложить вариант оценки работы склада по смешанной системе, оценка работы склада с магазином может осуществляться сервисным коэффициентом, определенным по первому или второму варианту с учетом упущенных магазином продаж.

Дополнительно работа склада с сервисным цехом оценивается сервисным коэффициентом, определенным по третьему варианту.



Такой смешанный вариант позволит заинтересовать отдел материально-технического снабжения более внимательно относиться к номенклатуре запрашиваемой сервисным цехом, а это в свою очередь повысит производительность сервисного цеха и конкурентоспособность предприятия в целом.

#### Список литературы

- 1 Жаров С. П. Формирование качества услуг ТО и ремонта автомобилей в системе автосервиса : Проблемы функционирования системы транспорта : материалы международной научно-практической конференции. Тюмень : Изд-во Тюм. ГНГУ, 2010. С. 112-114.
- 2 Рыбин Н. Н. Предприятия автосервиса. Производственно-техническая база : учебное пособие. Курган : Из-во КГУ, 2006. 147 с.
- 3 Напольский Г. М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. М. : Транспорт, 1985. 232 с.
- 4 Фастовцев Г. Ф. Автотехобслуживание. М. : Машиностроение, 1985. 256 с.
- 5 Жаров С. П. Модель стратегического планирования автосервисного предприятия // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». Курган : Из-во КГУ. 2015. Вып.10. С. 82-90.
- 6 Волгин В. В. Автосервис. Управление рисками : практическое пособие. М. : ЛитРес, 2013. 380 с.

УДК 629. 113. 004: 621. 89

**М.М. Долгорсурэн, С.П. Жаров**  
**Курганский государственный университет**

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЯХ НА АТП

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы потребительских предпочтений при выборе моторных масел. Предлагается система контроля качества моторного масла при эксплуатации автомобилей, для этой цели предложено создание лаборатории по проверке качества смазочных материалов и методика проведения проверочных тестов.

**Ключевые слова:** свойства смазочных материалов, лаборатории по проверке качества масел, кинематическая вязкость.

**M. M. Dolgorsuren, S.P. Zharov**  
**Kurgan State University**

## THE ENGINE OIL CHANGE EFFICIENCY UPGRADING AT AN AUTO-TRANSPORT ENTERPRISE

**Annotation.** The article deals with questions of consumer preferences in the engine oil choice. The quality control system of engine oil in the operation of

*the vehicle is proposed. For this purpose, the creation of the laboratory for lubricants quality test and a technique of this check tests is suggested.*

**Keywords:** lubricants properties, laboratory for a lubricants quality test, kinematic coefficient of viscosity

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на рынке автомобильных эксплуатационных материалов представлена продукция большого количества производителей, качество которой не всегда высокое. Кроме того, ценовой диапазон моторных масел различается нередко в два-три раза. В эксплуатации нередко стремясь снизить затраты на проведение смазочно-заправочных работ отступают от рекомендаций автопроизводителей. Это может привести к повышенному износу двигателя.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Согласно результатам опроса автовладельцев агентством «Автостат» [1], большая часть респондентов (76,6%) знают, моторное масло какого производителя залито в двигатели их автомобилей в настоящий момент. Но каждый пятый (23,4%) об этом не знает или даже не задумывается.

Большая часть опрошенных (74,2%) старается следовать указаниям автопроизводителя и соблюдает рекомендованные им сроки замены масла.

Большее половины российских автовладельцев (52,4%), выбирая моторное масло, в первую очередь руководствуются рекомендациями автопроизводителя. Немалую роль также играет предыдущий личный опыт использования масел – этот факт отметили 42,8% респондентов. В меньшей степени на выбор влияют рекомендации работников автосервиса (19,7%), статьи автомобильных журналов (17,5%), рекомендации друзей и знакомых (15,6%), мнение автовладельцев на форумах (14,1%). Меньше всего владельцы автотранспорта прислушиваются к рекомендациям продавцов (9,1%). (В ходе ответа на вопрос можно было выбрать несколько вариантов ответа).

Более половины автовладельцев (52,4%) приобретают моторные масла в магазинах автозапчастей. Гораздо меньше тех, кто покупает на замену масло у официального дилера при прохождении ТО (19,6%). Доля покупающих на независимом автосервисе еще меньше (13,4%). Примерно 5% опрошенных ответили, что совершают покупку через Интернет, 4,1% – в гипермаркетах и 3,2% – на автозаправках. Кроме того, 2,4% указали, что используют какие-то другие варианты покупки.

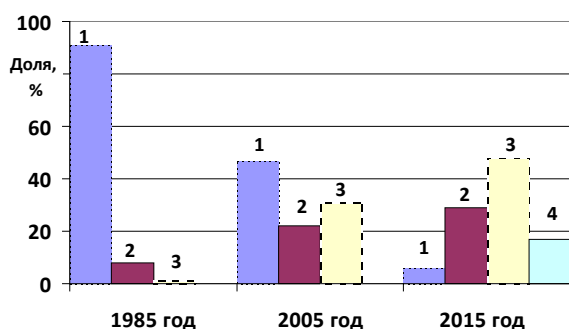
Чаще всего в России меняют автомобильное масло самостоятельно («у друга в гараже») – 34,4% респондентов выбрали такой вариант ответа. Обращаются за услугой на независимое СТО (автосервис) – 31,6%. К официальному дилеру приезжает почти каждый пятый из опрошенных (19,5%). В пункте экспресс замены моторного масла предпочитают менять масло 8%. Еще 6,2% от-

ветов пришлось на вариант «в гараже у знакомого механика».

В 80-х годах прошлого века на российском рынке автомобильных моторных масел более 90% составляли минеральные масла и только около 10% полусинтетические, а синтетические масла около 1%.

В 2005 году минеральные масла составляли 47%, полусинтетика 22% а синтетика 31%.

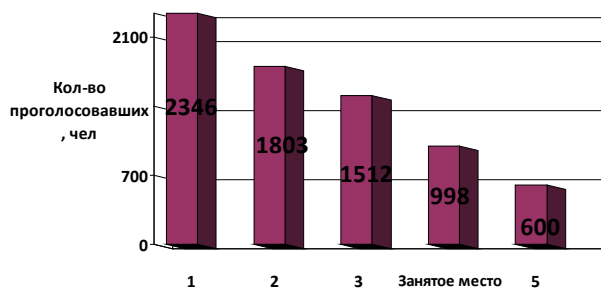
В настоящее время на рынке широко реализуется уже четыре группы масел: минеральные 6%, полусинтетика 29%, синтетика 48% и гидрокрекинговые 17% [2]. Предпочтения российских автовладельцев по типу используемых масел представлены на рисунке 1.



1 – минеральное масло; 2 – полусинтетическое масло; 3 – синтетическое масло; 4 – гидрокрекинговые масла  
Рисунок 1 – Предпочтения российских автовладельцев по типу используемых масел

Результаты опроса представленный на рисунке 2 о предпочтениях марки моторного масла представляют собой, пожалуй, самую интересную часть исследования, так как основная борьба на рынке происходит как раз между торговыми марками. На первом месте в рейтинге моторных масел по состоянию на апрель 2015 года согласно опроса, проведённого агентством «Автостат» [1], стоит отметить масло «Mobil». Это масло заслуженно считается лучшим и проходит все тесты на «отлично». Марка на рынке уже давно, производит несколько разных продуктов в зависимости от потребностей покупателей. Масло можно применять как для бензиновых, так и для дизельных двигателей. Более того, это экономит топливо и уменьшает количество выбросов вредных веществ в атмосферу. Стоимость такого топлива в среднем 260 рублей за один литр.

Почетное второе место в данном рейтинге занимает масло «Castrol» Производитель этого масла является одной из самых крупных нефтегазовых компаний. Такое масло отлично подойдет для использования, как при низких, так и при высоких температурах. В масле этой марки отсутствуют разного рода примеси, что не может не радовать потребителя. Также в нём не содержится примесей тяжелых металлов, отчего масло считается экологичным. Производитель также предлагает на выбор несколько разных продуктов.



1 – Mobil; 2 – Castrol; 3 – Shell; 4 – Liqui Moly; 5 – Motul  
Рисунок 2 – Самые популярные марки моторных масел в России

Второе место занимает масло от производителя «Shell». Компания производит два типа масел – синтетические и полусинтетические. Минеральные масла компания не производит, поскольку это натуральный продукт и считается, что он подлежит большему окислению и летучести. Для легковых автомобилей рекомендуется использовать синтетические, поскольку у них есть ряд своих преимуществ, среди которых очищение и защита мотора, уменьшение износа мотора почти в два раза, как показывают тесты. При низких температурах масло не загустевает, что обеспечивает меньший расход энергии аккумулятора и топлива. Также проводимые исследования говорят о том, что масло Shell синтетического происхождения способен очищать мотор до 5 раз лучше, и очищать двигатель в три раза лучше.

Многие автомобильные фирмы разрабатывают к маслам свои собственные требования и оценивают их качество на двигателях собственного производства, и для нового автомобиля завод изготовитель устанавливает гарантийный период. Гарантия будет действовать только при соблюдении определённых условий, в частности использование рекомендуемого моторного масла от завода изготовителя. Также завод изготовитель регламентирует периодичность замены масла, определяемая в единицах пробега автомобиля.

Свойства моторного масла в период его эксплуатации во многом зависят от условий эксплуатации автомобиля. Одни автомобили эксплуатируются в городе, где присутствует усиленный износ, потеря свойств моторного масла, его характеристик. Другие же автомобили эксплуатируются в пригородной местности, где также присутствует износ, потеря свойств моторного масла, его характеристик, но в уже меньшей степени.

Одним из важнейших показателей характеризующих качество масла является его вязкость» [3]. Вязкость моторных масел оказывает наибольшее влияние на надежность, безотказность, долговечность, а также эффективность работы двигателя. От величины вязкости моторного масла, при рабочих температурах зависят характер и вид трения в трущихся сопряжениях двигателя, затраты энергии на циркуляцию масла в системе смазки, отвод тепла от нагретых деталей, возможность пуска

двигателя при низких температурах окружающего воздуха, продолжительность пуска холодного двигателя и связанные с этим износы.

Для предприятий автомобильного транспорта одним из направлений повышения эффективности использования смазочных материалов может быть создание лаборатории по проверке состояния моторного масла. Лабораторное оборудование, позволяет оценивать реальное состояние масла на момент необходимой замены масла в двигателе по пробегу.

Если масло, его свойства и характеристики на момент замены в двигателе по пробегу отвечает требованиям и ещё может быть в эксплуатации, то замена откладывается на некоторый период в зависимости от пробега. Тем достигается максимальная эффективность (экономия) использования моторного масла.

Работа по проверке качества моторного масла, для которой требуется разработать технологический процесс, заключается в определении вязкостно-температурных свойств масла, а именно, кинематической вязкости масла при разных температурах, индекса вязкости, динамической вязкости. Кроме того, оцениваются эксплуатационные свойства испытуемого образца моторного масла, определяется класс масла. Это позволяет выявить диапазон температур, в котором данный продукт способен обеспечить качественное смазывание деталей при пуске холодного двигателя, прокачивание масла насосом по системе смазки, надежное смазывание и охлаждение деталей двигателя при максимальных нагрузках и температуре окружающей среды и т.д. Одними из основных оценочных характеристик вязкостно-температурных свойств служат кинематическая вязкость, определяемая в капиллярных вискозиметрах при 50°C и 100°C, и индекс вязкости – показатель, характеризующий степень изменения вязкости в зависимости от температуры.

Проверка качества минеральных масел проводится в следующей последовательности:

Для заправки вискозиметра на боковой отвод надеваем резиновую трубку. Поворачиваем вискозиметр, так чтобы его открытые концы были направлены вниз. Узкое колено вискозиметра опускаем в стаканчик с маслом, а отверстие широкого колена зажимаем пальцем. С помощью вакуумного насоса закачиваем масло через резиновую трубку в узкое колено вискозиметра до метки между капилляром и расширением. После этого переворачиваем вискозиметр в нормальное положение, снимаем резиновую трубку с бокового отвода и надеваем на узкое колено.

Заполненный вискозиметр устанавливаем в ванну термостата в строго вертикальном положении так, чтобы шаровые расширения вискозиметров были погружены в жидкость.

Устанавливаем вискозиметр на штативе в строго вертикальном положении, погрузив полностью нижнее расширение в жидкость водяного бач-

ка с подогревом. Устанавливаем температурный зонд термометра в широкое колено вискозиметра.

Открываем вентиль подачи газа на газовом баллоне. Нажимаем кнопку розжига на блоке управления. С помощью пьезоэлемента происходит воспламенение пропан-бутановой смеси.

Масло нагревается до необходимой температуры (50 или 100°C). Значения температуры измеряются с помощью цифрового термометра, и передаются в блок управления. В блоке управления находится электромагнитный клапан с универсальным входом, который при достижении необходимой для измерений температуры уменьшает подачу газа (или перекрывает вообще) и поддерживает температуру на заданном уровне. Как только температура достигает 100°C, блок управления подает сигнал к началу измерений (загорается сигнальная лампа и раздается звонок).

С помощью резиновой трубки, надетой на узкое колено вискозиметра, закачиваем масло в расширение, чтобы его уровень был выше метки  $M_1$ .

Снимаем резиновую трубку и наблюдаем за протеканием масла в вискозиметре. Когда уровень масла достигнет верхней метки  $M_1$  между расширениями, включаем секундомер и останавливаем его при достижении маслом уровня нижней метки  $M_2$ . Записываем время протекания масла между метками  $M_1$  и  $M_2$  вискозиметра.

Вычисляем кинематическую вязкость моторного масла:

$$v_t = \tau_{cp} \cdot C, \quad (1.1)$$

где  $v_t$  – кинематическая вязкость моторного масла,

$\tau_{cp}$  – среднее время протекания масла через капилляр вискозиметра,

$C$  – постоянная вискозиметра.

Зная кинематическую вязкость масла можно определить динамическую вязкость масла при той же температуре умножением на плотность:

$$\eta_t = v_t \cdot \rho \quad (1.2)$$

Известно, что вязкость масла, как и вязкость любой жидкости, изменяется в зависимости от изменения температуры (рисунок 3) и описывается эмпирическими формулами Рамайя или Вальтера. Формула Рамайя имеет вид:

$$\sqrt{h} \eta = A + \frac{B}{T}, \quad (1.3)$$

где  $h$  – динамическая вязкость масла;

$A, B$  – коэффициенты, постоянные для данного масла;

$T$  – абсолютная температура масла.

Формула Вальтера в экспоненциальной форме имеет вид:

$$(v_t + a) = e^{\frac{a}{T^\varepsilon}}, \quad (1.4)$$



где  $v_t$  – кинематическая вязкость масла, мм<sup>2</sup>/с, при температуре  $t$ ;

$T$  – абсолютная температура, °K;

$a$  – коэффициент, зависящий от индивидуальных свойств жидкости.

После двойного логарифмирования уравнение приобретает вид прямой линии в логарифмической координатной сетке (рисунок 4).

$$\lg \lg(v_t + 0.6) = A + B \lg T, \quad (1.5)$$

где  $A$  и  $B$  – постоянные коэффициенты, зависящие от свойств масел, обычно  $A=0,8\dots0,9$ ;  $B=3,0\dots4,0$ .

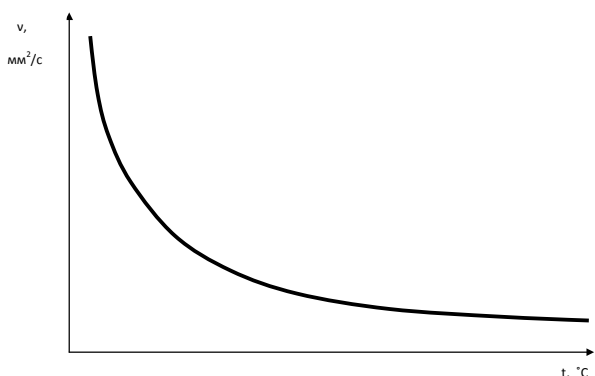


Рисунок 3 – Вязкостно-температурная характеристика масла

Для построения вязкостно-температурной характеристики масла в логарифмических координатах требуется знать вязкость масла в двух точках 50 и 100°С. С помощью данной номограммы можно определить вязкость масла при любой температуре. Очень часто номограмма используется для определения критической или предельной вязкости моторного масла, выше которой пуск холодного двигателя невозможен.

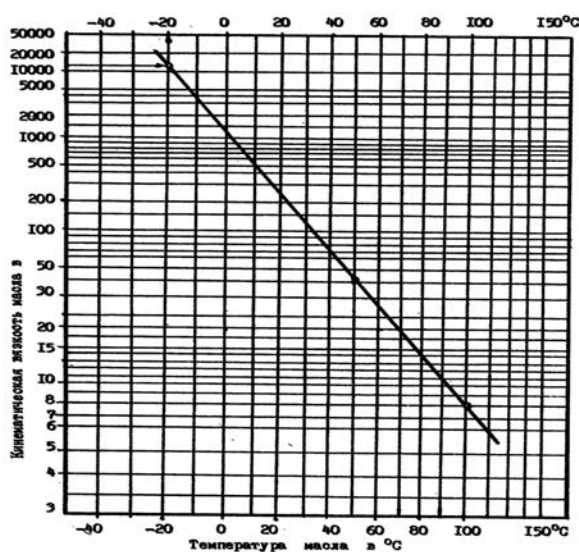


Рисунок 4 – Вязкостно-температурная характеристика для минеральных масел в логарифмической системе координат

На основе изученной технической литературы, нормативных документов и разработанного

технологического процесса в соответствии с ГОСТ 3.1407-74 составляем технологическую карту на рабочее место.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование предлагаемой системы контроля качества моторного масла при эксплуатации автомобилей на АТП приведёт к повышению эффективности ремонта и технического обслуживания при проведении смазочно-заправочных работ.

Такой подход позволит дифференцировано подходить к вопросам замены смазочных материалов на автомобиле, без снижения качества проводимых работ. Что в свою очередь позволит снизить затраты на смазочных материалы в предприятиях.

#### Список литературы

- 1 Результаты опроса автолюбителей агентством «Автостат» на тему «Предпочтения автолюбителей при выборе моторного масла» URL:
- 3 Жаров С. П. Эксплуатационные материалы : учебное пособие. Курган : Изд-во Курганского гос. университета, 2012. 168 с.

УДК 621.43.038.8

**А.В. Зенькевич, А.О. Крошина**  
Курганский государственный университет

## СТЕНД КОНТРОЛЯ ПРОМЫВКИ ФОРСУНОК УЛЬТРАЗВУКОМ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается стенд контроля работоспособности, геометрии факела распыла и производительности форсунок, а также достоинства и недостатки ультразвуковой промывки инжектора.

**Ключевые слова:** ультразвуковая промывка инжектора, стенд контроля промывки форсунок ультразвуком, рабочие параметры форсунок.

**A.V. Zenevich, A.O. Kroshina**  
Kurgan State University

## INSPECTION STAND FOR ULTRASOUND POPPING OF INJECTOR

**Annotation.** This article considers the functionality control stand, and the geometry of the nozzle spray pattern and its capacity, as well as the advantages and disadvantages of the ultrasonic popping of injector.

**Keywords:** ultrasonic popping of injector, inspection stand for ultrasound popping of injector, operating parameters of the injector.

Целью данной работы является проектирование и сборка стенда контроля промывки автомобильных форсунок.

Топливные форсунки являются важными деталями двигателя автомобиля. От того, как работают форсунки, зависит мощность двигателя, а также его работа в целом, а кроме того, расход топлива. Для того, чтобы двигатель работал в обычном режиме и не было никаких проблем нужно тщательно следить за тем, чтобы форсунки были в исправном состоянии. Если есть какие-то сбои в их работе, то форсунки нужно промыть.

**Для этого требуется снять с автомобиля форсунки вместе с топливной рампой** и поставить их на наш стенд (рисунок 1). Данный стенд имеет возможность промывать одновременно четыре форсунки, снимать параметры форсунок на стенде, такие как проверка герметичности, производительность при импульсном впрыске и геометрию факела.



Рисунок 1 – Фото стенда

Далее форсунки снимаются со стенда и помещаются в ультразвуковую ванну, заполненную специальной промывочной подогретой жидкостью. При промывке форсунок на магнитные клапана подаются управляющие импульсы. Это позволяет промыть запирающий элемент форсунки.

После промывки у форсунок снова снимаются параметры на стенде и ставятся в автомобиль.

Система управления состоит из блока питания, регулируемого стабилизатора напряжения и генератора импульсов (рисунок 2)

Блок питания используется для питания стенда, подключения дополнительного оборудования и освещения. В автомобиле на форсунки подает-

ся напряжение 12-14 вольт, но на стенде для их безопасности нужно было понизить до 9 вольт. Я пошел дальше и сделал регулируемый блок питания от 6 до 10 вольт, чтобы можно было подобрать оптимальный режим. Генератор импульсов управляется двумя резисторами, которыми задается частота и скважность управляющих импульсов.



Рисунок 2 – Фото системы управления

В заключении хотим сказать, что промывка в ультразвуковой ванне является самым мощным методом и позволяет промыть форсунки от самых сильных загрязнений до состояния новых. Необходимость демонтажа форсунок с двигателя делает этот метод трудоемким, поэтому применяется, когда другие способы промывки не дают положительных результатов.

УДК 338.47(571.13)

**И.Н. Квасов**  
**ОмГТУ, Омск**

## **К ВОПРОСУ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** *Статья является актуальной, так как транспорт является основной частью инфраструктуры регионов. От его эффективности функционирования зависит ритмичность и эффективность деятельности всех предприятий региона, а также состояние его социальной сферы. В современных условиях транспортный комплекс является также основой экономиче-*

ской интеграции регионов, включения их в международное разделение труда и формирования новых внешнеэкономических отношений.

**Ключевые слова:** транспорт, транспортный комплекс, транспортно-логистический комплекс, транспортно-логистический потенциал, газомоторное топливо.

*I.N. Kvasov*

*Omsk State Technical University*

## TO THE QUESTION OF A MOTOR VEHICLES CONVERSION TO A NATURAL GAS FUEL IN OMSK REGION

**Annotation.** *The article is a pressing one since transport is the main part of the regions infrastructure. The regularity of pace and efficiency of performance of all enterprises in the region depends on effective transport functioning, as well as the region community state. In the modern context, the transport system is also the basis for the economic integration of regions, their inclusion into the international division of labour and the formation of new foreign economic relations.*

**Keywords:** transport, transport system, a transport and logistics centre, transport and logistics potential, natural gas fuel.

Омская область исторически является ключевым регионом Сибири, важным логистическим, промышленным и сельскохозяйственным центром Российской Федерации в ее Сибирско-Дальневосточной части и обладает значительным кадровым, экономическим, промышленным, интеллектуальным и природным потенциалом. Интенсивное развитие Омской области происходит в условиях жесткой конкуренции, как с соседствующими регионами, так и с субъектами Российской Федерации в целом. Предметами конкуренции являются ресурсы, включая высококвалифицированных специалистов, инвестиции, рынки сбыта и транспортные потоки.

Географическое расположение Омской области занимает достаточно выгодное положение с точки зрения повышения конкурентоспособности. Омская область соседствует с Республикой Казахстан, с Тюменской, Новосибирской и Томской областями Российской Федерации. В настоящее время взаимовыгодные отношения с вышеуказанными субъектами чрезвычайно продуктивны.

Омская область обладает высоким транзитным потенциалом. Территорию области пересекают Транссибирская железнодорожная магистраль, соединяющая западные и восточные районы страны, а также северные территории России с областями Республики Казахстан и Средней Азии, автомобильные дороги федерального значения М-51 «Байкал» и 1Р-402 «Тюмень – Ялуторовск – Ишим – Омск». К наиболее значимым транспортным ма-

гистральям области относятся участки: «Челябинск – Омск – Новосибирск», «Екатеринбург – Тюмень – Омск», «Омск – Барабинск – Новосибирск», являющиеся самыми загруженными участками железных дорог мира [2].

Многие населенные пункты в Омской области располагаются вдоль маршрута прохождения Транссибирской магистрали, соединяющей западные и восточные регионы России. Река Иртыш, текущая с юга на север – это другой важный вид транспортного сообщения, также как и шоссейные и железнодорожные дороги федерального и регионального значения, соединяющие северные регионы России с Казахстаном и Центральной Азией. Но, тем не менее, преимущества выгодного положения Омской области используются не в полной мере [2].

Плотность транспортных магистралей распределяется неравномерно на территории области – все железнодорожные пути и основные автомобильные дороги (в том числе федерального значения) расположены в южной части области, а северные районы области обеспечены только минимально необходимым количеством автодорог и водной магистралью реки Иртыш [2].

При наличии базовой транспортной инфраструктуры, объем перевезенных грузов очень низкий и уступает многим субъектам Российской Федерации с меньшим количеством транспортных коридоров.

Несбалансированное и несогласованное развитие отдельных видов транспорта в условиях ограниченности инвестиционных ресурсов привело к их нерациональному соотношению в транспортном балансе. Ослаблены позиции внутреннего водного транспорта. Недостаточная плотность сети автомобильных дорог регионального и муниципального значения. Резервы повышения эффективности функционирования транспортной системы выявляются и на стыках взаимодействия отдельных видов транспорта. Региональная неравномерность развития транспортной инфраструктуры ограничивает развитие единого экономического пространства Омской области [2].

Остро стоит проблема привлечения инвестиций в развитие транспортной отрасли, что обусловлено низкими инвестиционными возможностями транспортных предприятий, трудностями с привлечением долгосрочных заемных средств, неразвитостью механизмов государственно-частного партнерства. В настоящее время в большинстве случаев реализуется некапиталоемкая модель развития, при которой объемы услуг растут благодаря увеличению использования существующих основных фондов.

Для формирования наиболее благоприятного имиджа Омской области, развития единого экономического пространства, ускорения грузооборота, снижения транспортных издержек значительный вес имеет высокий уровень транспортной инфраструктуры [6, 45].



Среди возможностей для развития транспортно-логистического сектора Омской области стоит выделить следующие: возможность использования выгодного транзитного положения и создания транспортно-логистического кластера, строительство и реконструкция объектов с использованием механизмов государственно-частного партнерства.

Казахстан уже давно является важным экономическим партнером Омской области. Участок «Русская Поляна – Кызылту» является частью Средне-Сибирской магистрали, проходящей по территории Омской области, северного Казахстана, Новосибирской области и Алтайского края. По ней идет основной поток угля из Кузбасса. В начале 2009 года руководство ЗСЖД приняло решение пустить основной поток грузов на Средне-Сибирскую магистраль, тем самым сделать Транссиб скоростной магистралью. В годы перестройки участок магистрали Кызылту – Русская Поляна был законсервирован, движение грузов по нему остановлено [4, 43].

В настоящее время в грузоперевозках между Омской областью и Казахстаном наблюдается значительный перекоп в сторону автомобильного транспорта. Наибольшая нагрузка приходится на автомагистрали в приграничной зоне.

Дороги области не рассчитаны на то, чтобы по ним передвигались автопоезда весом в 40-60 тонн. Есть ограничение по весу, однако большинство перевозчиков допускают перегруз, чтобы сократить издержки. В области установлены пункты весового контроля в приграничной зоне, однако недобросовестные перевозчики объезжают их по полям в темное время суток. Иногда за одну ночь в регион въезжает до ста перегруженных КамАЗов с щебнем. Железная дорога должна взять на себя часть этого гигантского грузопотока.

Именно поэтому предполагается рассмотреть возможность восстановления железной дороги по маршруту Русская Поляна – Кызылту, протяженностью около 100 километров. Прямое железнодорожное сообщение между странами позволит осуществлять перевозки строительных материалов, в первую очередь щебня, а также сельскохозяйственной продукции. Так, Омская область нуждается в щебне – в Казахстане есть его месторождения, а производством занимаются 12 крупных компаний. Казахстан, в свою очередь, заинтересован в получении зерна.

Объем потребления щебня в Омской области железнодорожным транспортом за 10 месяцев 2014 года составил около 1 760 тыс. куб. метров, из них импорт по железной дороге из Казахстана – около 150 тыс. куб. метров. Доля импортного щебня из Казахстана в общем объеме железнодорожных поставок этого строительного материала в Омскую область составляет 8,5% [5, 22].

Со строительством железной дороги доля импорта щебня из Казахстана по железной дороге в общем объеме железнодорожных поставок щебня в Омскую область может увели-

читься до 15%.

В сфере речного транспорта традиционно экспортно-ориентированными партнерами Павлодарской области являются потребители Омской и Тюменской областей, и их наиболее востребованными товарами является природный щебень и техническая соль, которые добываются в Павлодарской области. Объем экспортируемого щебня в РФ в 2014 году составил 92 тыс. тонн, соли технической в 2014 году – 8 тыс. тонн [4, 45].

В целях обеспечения судоходства ежегодно РГКП «Павлодарское предприятие водных путей» в период навигации выполняет работы по дноуглублению (землечерпанию) и дноочищению реки Иртыш. Объем изымаемого грунта в 2013 году составил 1 млн. кубометров, в 2014 году был увеличен до 2 млн. кубометров в год. В 2015 году объем дноуглубительных работ запланирован на уровне прошлого года [4, с. 46].

Основным участником сообщения водного транспорта между Павлодарской областью РК и Омской областью РФ является АО «Павлодарский речной порт», который имеет возможность принять грузы до 5-6 млн. тонн в год, а при увеличении грузопотока до 10-12 млн.

В данное время гарантированная глубина судового хода на реке Иртыш на участке Урлютюбе – Омск Российской Федерации составляет около 135 сантиметров. При таких габаритах судового хода в навигационный период перевозки речным транспортом осуществляется судами грузоподъемностью только до 1000 тонн [4, 46].

Привлечение речного флота с большой грузоподъемностью (2000-3000 тонн) позволит увеличить грузооборот, в том числе транзитного (Китай – Казахстан – Россия) по реке Иртыш от Павлодара до Омска и далее вплоть до Обской губы до 10 млн. тонн в год. Это обосновывается следующими экономическими показателями.

Например, потребность в природном щебне только двух регионов в Иртышском бассейне (Омская и Тюменская области) на сегодняшний день составляет около 5 млн. тонн в год, а потребность в угле в Омской области составляет 4 млн. тонн в год [4, 46].

Решение вопроса по увеличению глубины судового хода на участке Урлютюбе – Омск с 135 до 180 сантиметров обеспечит прохождение судов грузоподъемностью от 2000 тонн и более в течение всего навигационного периода, что в свою очередь увеличит товарооборот наших стран, а также создаст условия для улучшения взаимного сотрудничества приграничных регионов в сфере речного транспорта [4, 47].

Восстановление железной дороги и углубление судового хода позволят взять на себя часть грузопотока и разгрузить автомагистрали. Также, предложенные мероприятия позволят еще больше сблизить Казахстан и Россию, напрямую влияя на экономику обеих стран.

Значительное влияние на развитие транс-

портно-логистического потенциала в Омской области может оказать более широкое применение газомоторного топлива. Дело в том, что в настоящее время в различных регионах России большое количество единиц автомобильного транспорта переводят на газомоторное топливо. Это позволяет существенно сократить затраты на транспортировку пассажиров и грузов.

13 мая 2013 года распоряжением Правительства Российской Федерации № 767-р «О расширении использования природного газа в качестве моторного топлива» федеральным органам исполнительной власти, а также органам государственной власти субъектов Российской Федерации даны поручения по разработке комплекса правовых, экономических и организационных мер государственной поддержки производства, выпуска в оборот и оборота транспортных средств и сельскохозяйственной техники на природном газе, создания дорожной заправочной и сервисной инфраструктуры, системы статистического учёта и технического регулирования при использовании природного газа в качестве моторного топлива.

В целях реализации вышеуказанного распоряжения регионы России проводят активную работу по переводу автомобильного транспорта на газомоторное топливо. Это позволяет существенно сократить затраты на транспортировку пассажиров и грузов. Применение газомоторного топлива в свою очередь может оказать значительное влияние и на развитие Омской области.

В России существует разветвленная сеть газопроводов, которые обеспечивают газом более 700 городов и 20 тыс. населенных пунктов. Рынок газомоторного топлива в России активно развивается с 1998 года. За эти годы количество АГНКС выросло более чем в 10 раз. При этом, функционирует всего 280 АГНКС, 85% из которых построены ПАО «Газпром». Часть из них в свое время была законсервирована, поскольку в регионах отсутствует транспорт, оборудованный соответствующим газомоторным оборудованием. Наиболее развитыми региональными рынками по итогам 2015 года являются Ставропольский и Краснодарский края, Свердловская, Воронежская и Ростовская области, Республики Татарстан и Башкортостан.

Можно сказать, что на сегодняшний день в России установлен паритет – функционирует сеть АГНКС, позволяющая заправлять природным газом весь парк газобаллонных автомобилей. Использование проектных мощностей позволяет ежегодно замещать более 1,5 млн тонн бензина и дизельного топлива.

Для расширения области применения компримированного природного газа в качестве моторного топлива привлечено достаточно большое количество государственных организаций и частных компаний. Уже разработаны и готовы к серийному производству новые модификации

стационарных (на 250-500 заправок) и модульных (на 40-60 заправок) автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, имеется многолетний опыт эксплуатации автомобильного газового оборудования, работающего на КПГ. Одновременно планируется ввод в эксплуатацию передвижных заправщиков. Данный вид транспортировки эффективен на расстояниях от 5 до 100 км от центральной компрессорной станции до конечного потребителя - объектов газоснабжения, теплоснабжения, электроснабжения, мобильных АГНКС.

Ведущую роль в развитии рынка КПГ в будущем в России будет играть ПАО «Газпром». Как указывает стратегия развития ПАО «Газпром», рынок газомоторного топлива – это одно из главных стратегических направлений компании. ПАО «Газпром» планирует создать на его основе крупный рынок сбыта добываемого природного газа. «Газпром» ведет системную работу в этом направлении. Базовым документом взаимодействия ПАО «Газпром» и российских регионов является Соглашение о сотрудничестве, в который включен раздел по развитию рынка газомоторного топлива. С Калужской, Нижегородской, Орловской и Тамбовской областями, а также с Правительством города Москвы, Санкт-Петербурга и Республикой Татарстан уже подписаны Соглашения о расширении использования природного газа в качестве моторного топлива.

Такое Соглашение 14 октября 2013 года ПАО «Газпром» заключил и с Правительством Омской области.

В развитии бизнеса по использованию газомоторного топлива ПАО «Газпром» особое внимание уделяется востоку России. Так, с органами исполнительной власти Приморского и Хабаровского краев и Сахалинской области утверждены семилетние программы по переводу автотранспорта на газовое моторное топливо.

ПАО «Газпром» продолжает развивать сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций по всей стране. Например, в июне 2016 года открыты три новые АГНКС в городах Зеленодольске, Бугульма и Нижнекамск Республики Татарстан. Также в июне 2016 года введены в эксплуатацию три АГНКС в городах Новоалександровск, Светлоград и поселке Изобильном Ставропольского края.

В силу своего уникального положения в экономике России ПАО «Газпром» ведет работу, направленную на совершенствование действующей законодательной базы и нормативных правовых актов, способствующих развитию отечественного рынка газового моторного топлива.

Для повышения эффективности реализации стратегии «Газпрома» в области развития газомоторного рынка в 2012 году создана специализированная компания – ООО «Газпром газомоторное топливо». Ожидание эффективности развития данного бизнес-направления в ПАО «Газпром»

вполне оправдано. Ведь объем продаж газомоторного топлива в России имеет ежегодный устойчивый рост. Так, в 2015 году ПАО «Газпром» продано 436 млн куб. м газомоторного топлива, что на 7,3% больше, чем в 2014 году.

В соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации № 767-р каждый город в России с численностью более миллиона человек до 2020 года должен иметь в своем парке не менее 50% специализированной техники и общественного транспорта работающего на природном газе.

До конца текущего года «Газпром» планирует ввести в эксплуатацию две АГНКС в Омске и одну – в п. Лузино. Это будут первые в регионе объекты газозаправочной инфраструктуры. К концу 2018 года предполагается расширение региональной сети АГНКС до девяти станций. Все станции планируется расположить вблизи федеральных трасс и крупных автотранспортных предприятий.

На новых станциях установят современное оборудование для удобной заправки автомобилей компримированным природным газом. АГНКС в посёлке Лузино сможет одновременно обслуживать до 6 транспортных средств.

Первыми потребителями газомоторного топлива станут автомобили группы компаний «Продо-менеджмент», а также общественный и коммунальный транспорт. Правительство области к 2020 году планирует перевести на природный газ значительный объем техники. Омские компании также проявляют высокий интерес к экономичному топливу - порядка 47 автопарков уже заявили о намерении перейти на газовое топливо.

Кроме того, Правительством Российской Федерации разработана специальная программа предусматривающая субсидирование регионов, пожелавших участвовать в приобретении автомобильной техники оснащенной двигателями, работающими на газомоторном топливе. Новейшая линия по выпуску современных экологичных грузовиков открылась в апреле 2015 года на предприятии КАМАЗа в Республике Татарстан. Объем инвестиций в данный проект составил 450 млн. рублей. Линия построена в кратчайшие сроки и уже в нынешнем году готова выпустить 1800 единиц техники, принадлежащих более 50 различным типам автомобилей и шасси для спецтехники. Кроме грузового и пассажирского транспорта приобретение техники работающей на природном газе выгодно региональным сельхоз производителям, так как позволит существенно снизить себестоимость выпускаемой продукции, так как цена на природный газ в настоящее время в 3 раза меньше цены на дизельное топливо.

Развитие газомоторной инфраструктуры позволит региону приступить к поэтапному обновлению городских автопарков техникой, работающей на природном газе. Это позволит сократить компаниям затраты на топливо минимум в два раза.

Также это важный шаг на пути к улучшению городской экологии – газомоторная техника соответствует самым высоким экологическим стандартам – Евро 5 и Евро 6.

Таким образом, экологические проблемы в сфере производства и потребления топлива, а также ограниченность разведанных запасов нефти, диктуют необходимость развития альтернативных видов топлива, в частности газомоторного топлива, использование которого на сегодняшний день имеет большие перспективы. В тоже время, несмотря на ряд преимуществ использования газа в качестве топлива, для развития рынка необходимо не только создание развитой инфраструктуры и совершенствование технологий по использованию газа, что требует значительных инвестиций, но также существует необходимость совершенствования законодательства в топливной промышленности с целью создания действующих механизмов ее государственного регулирования. Основными факторами, сдерживающими развитие рынка газомоторного топлива на сегодняшний день являются: высокая инвестиционная стоимость проектов, зависимость реализации проектов от государства, ограниченность предложений по предоставлению специализированного оборудования.

Результатом применения газомоторного топлива будет сдерживание роста тарифов на перевозку автомобильным транспортом, что в первую очередь положительным образом скажется на населении региона пользующимся общественным транспортом.

Снижение издержек на приобретение топлива в структуре общих затрат позволит транспортным компаниям сделать свои услуги более привлекательными для бизнеса и населения региона. Тем самым послужит одним из ключевых элементов развития транспортно-логистического потенциала в Омской области.

#### *Список литературы*

1 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.05.2013 № 767-р.

2 О Стратегии социально-экономического развития Омской области до 2025 года Омская область: Указ Губернатора Омской области от 24.06.2013 № 93. URL: <http://base.consultant.ru>, свободный (дата обращения: 24.10.2016).

3 Об утверждении государственной программы «Развитие транспортной системы Омской области»: постановление Правительства Омской области от 16.10.2013 № 262-п. URL: <http://base.consultant.ru>, - свободный (дата обращения: 24.10.2016).

4 Алиева С. Н. На пересечении дорог // Бизнес России. 2014. №3. С. 43-47.

5 Головлев В. В. Дороги и благие намерения // Бизнес России. 2014. № 4. С. 21-23.

6 Квасов И. Н. Транспорт как драйвер роста экономики региона // Актуальные вопросы развития экономики. 2015. С. 99-102.

7 Квасов И. Н. Применение газомоторного топлива как фактор развития транспортно-логистического потенциала Омской области // Двадцать вторые апрельские экономические чтения: материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 133-139.



8 Коляева И. В. Квасов И. Н. Импортзамещение в газоснабжении // Новые технологии – нефтегазовому региону : материалы Международной научно-практической конференции. 2016. С. 313-316.

9 Колосов В. П. Дорожное хозяйство Омского региона – итоги и перспективы // АИС. 2014. № 2. С. 45-48.

10 Котов Д. В., Уразметова Л. Р. Современное состояние, перспективы и проблемы развития рынка газомоторного топлива в России // Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. 2014. №1. С. 377-396.

УДК 338.24

**В.М. Самуйлов, А.Г. Галкин, И.В. Кравченко,  
Уральский государственный институт  
путей сообщения, г. Екатеринбург  
В.В. Харин, Курганский институт железнодорожного транспорта  
Д.Н. Парышев, ЗАО «Курганстальмост»,  
г. Курган**

## **КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ЛОГИСТИКО- ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** В статье показано, что отсутствие законодательной базы в области промышленной политики является тормозом в развитии экономики регионов.

Для депрессивных регионов кластерный механизм является наиболее эффективным механизмом преодоления стагнации и последующего роста экономики. Предлагаемый инновационный научно-производственный территориальный кластер призван решать задачи повышения производительности труда в транспортном комплексе, создания новых предприятий и повышения занятости рабочих мест.

**Ключевые слова:** транспорт, кластер, рынок, логистика, концепция, структура, инновация, регион.

**V.M. Samuylov, A.G. Galkin, I.V. Kravchenko  
Ural State University of Railway Transport  
(USURT), Ekaterinburg  
V.V. Kharin, Kurgan Institute of Railway Transport  
D.N. Paryshev, CJSC «Kurganstalmost», Kurgan**

## **CLUSTER APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE LOGISTIC AND INDUSTRIAL SECTOR IN KURGAN REGION**

**Annotation.** The article shows that the absence of legislation in the field of industrial policy is a brake on the economic development of regions. For depressed regions, the cluster mechanism is the most effective mechanism to overcome stagnation and

*subsequent growth of the economy. The suggested innovative research-and-production territorial cluster is designed to solve the task of increasing labour productivity in the transport sector, the creation of new enterprises and increasing employment.*

**Keywords:** transport, cluster, the market, logistics, the concept, structure, innovation, the region.

В настоящее время в России принята антикризисная программа, где ведущее место занимает промышленная политика. У такого подхода были и есть противники, по мнению которых, достаточно определить приоритетные отрасли, и они будут существовать и без политики. Но сегодня абсолютно ясно, что для большой индустриальной державы отсутствие промышленной политики является тупиковым путем.

Сегодня в России необходим переход от «приоритетного» планирования к стратегическому, к четкой промышленной политике, обеспеченной необходимой законодательной базой. Без этого в условиях современной жесткой конкуренции в мировой экономической системе наша промышленность в целом и особенно на региональном уровне обречена на потери внешних рынков, а затем и рынков внутренних.

В настоящее время подготовлен законопроект о промышленной политике Российской Федерации, инициатором которого является Минпромторг РФ.

В этом законопроекте дается четкое распределение полномочий различных уровней органов власти и управления, в реализации промышленной политики, определение конкретных мер стимулирования государством промышленной деятельности. Важно, что документ также определяет правовой статус и институты для территориального развития промышленных предприятий, в том числе и трудовой отрасли. Впервые вводится правовое определение «промышленный кластер».

Общепринято, что в современном мире потенциал и конкурентоспособность страны являются производными от конкурентоспособности входящих в ее состав территорий в силу того, что ресурсы и факторы производства, человеческий и социальный капитал, условия для ведения бизнеса локализованы на региональном уровне, где живут и трудятся конкретные люди, действуют конкретные компании. Сегодня глобальная конкуренция между странами сводится к конкуренции между отдельными регионами. Единицей глобального экономического пространства является регион, который приобретает стратегическое значение для процветания своей страны и именно на него возлагается роль локомотива в национальном развитии. Такая стратегия обуславливает концептуальную значимость подхода к развитию региона и его интеграции в систему национальных приоритетов.

Наиболее прогрессивным и инновационным

подходом к развитию региона, в том числе и его транспортной отрасли, в условиях нового экономического подхода, описываемого в терминах сетевой организации хозяйствований и ключевой роли информации в экономических процессах, является кластерное развитие территории.

Кластеризация экономики позволяет сформировать комплексный взгляд на государственную политику регионального развития транспортного комплекса, повысить производительность, эффективность и конкурентоспособность бизнеса, расширить возможности для инновационного развития, оптимизировать взаимодействие между различными субъектами экономического развития региона, такими как государство, крупный и малый бизнес, научно-образовательное сообщество и общественность. При этом формируется имидж региона в восприятии внешнего окружения. И главное – повышается уровень занятости и качество жизни населения конкретного региона.

Основоположник кластерной концепции М. Портер определяет кластер как «группу географически соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними организаций, действующих в определенной сфере, характеризующихся общностью деятельности и взаимодополняющих друг друга» [1]. Понятие кластера указывает на отраслевую и географическую принадлежность совокупности входящих в его состав предприятий, которые производят и продают ряд связанных и взаимодополняющих товаров и продукции совместными усилиями. В таком толковании акцентирован фактор территориальной близости, наличие общих интересов участников кластера и закономерно возникающая в результате этого кооперация между ними для достижения синергетического эффекта на межотраслевом региональном уровне.

Кластерная концепция транспортной отрасли на региональном уровне предлагает альтернативный взгляд на сущность конкуренции, новый подход к структурированию экономики региона и прогрессивную форму в организации инновационного процесса.

В традиционной конкурентной среде выигрыш одного из участников эквивалентен проигрышу другого, что определяет конкурентную борьбу в качестве игры с нулевой суммой. Кластерный подход нарушает традиционную логику конкуренции, представляя возможность достижения выгоды каждому из субъектов, что и составляет беспроигрышную модель конкуренции.

Конкуренция, имеющая место в рамках кластерного агрегата, модифицируется в направлении усиления кооперативных взаимодействий конкурирующих игроков и сокращения интенсивности соперничества.

Кластерный механизм, как показывает мировой опыт, является наиболее эффективным и почти единственным механизмом вывода из стагнации экономики депрессивного региона и обе-

спечения ее быстрого подъема. При этом важно на начальном этапе определить те экономические звенья региона, воздействуя на которые, можно реализовать кластерный синергетический эффект.

Для Курганской области, которая входит в состав Уральского Федерального округа, характерны элементы отсталости, депрессии и спада. Например, только среднедушевой денежный доход в Курганской области более чем в три раза меньше, чем такой же доход в Ямало-Ненецком автономном округе. Депрессивность обусловлена структурой экономики области, в которой главную роль играли предприятия машиностроения, такие как автобусный завод, завод колесных тягачей, «Кургансельмаш» и АПК.

Наиболее жизнеспособными в настоящее время являются «Курганстальмост» и предприятия транспортного комплекса, которые, по мнению авторов статьи, должны определить топологию объекта Курганского инновационного научно-производственного территориального кластера. Предпосылками создания такого кластера, в частности, являются разобщенность предприятий транспортного комплекса, отсутствие научно-производственной инфраструктуры, отсутствие единой государственной промышленной политики в транспортной отрасли.

«Болевыми» точками транспортных сооружений (которые составляют важнейшие элементы транспортного комплекса) являются:

- квалификация специалистов (знание ими инновационных технологий);
- дорожная одежда мостового полотна;
- гидроизоляция;
- деформационные швы;
- опорные части проектов эксплуатации;
- прочностной мониторинг;
- шумозащита;
- освещение;
- применение композитных материалов;
- водоотвод на мостах и подходах к ним;
- барьерные и перильные ограждения;
- современная конструкция мостовых опор и фундаментов;
- современные методы ремонта;
- методы обеспечения долговечности на стадии проектирования;
- аварии транспортных сооружений;
- современные компьютерные методы расчетного анализа транспортных сооружений;
- применение информационных технологий в транспортном строительстве.

Для решения проблем транспортной отрасли флагман отечественного мостостроения – ЗАО «Курганстальмост» выступил инициатором создания кластера.

Задачи, решаемые в кластере, имеют три направления:

- 1) объединение усилий в области развития транспортного комплекса, передовых разрабо-

ток, современных систем проектирования новых продуктов.

2) создание современной научно-производственной инфраструктуры для предприятий кластера с внедрением комплексных производственно-технологических пакетов для выгодных инвестиционных вложений.

3) подготовка высококвалифицированных кадров.

Для повышения конкурентоспособности якорных предприятий, входящих в кластер, необходима организация входного контроля и контроля выпускаемой продукции. Уровень контроля должен соответствовать требованиям, предъявляемым участниками ВТО. С этой целью предполагается создание испытательного центра «Инженерные сооружения: исследование и испытание».

Одним из ключевых направлений работы кластера является повышение качества и эффективности работ по строительству и ремонту дорожных асфальтобетонных покрытий, которые в большей мере зависят от качества дорожного битума. Благодаря дорожным добавкам, асфальтобетонные покрытия приобретают ряд ценных качеств: увеличивается устойчивость к температурным воздействиям и обратимым деформациям, увеличивается пластичность и повышается долговечность.

Для решения вышеуказанных задач предлагается ввести в состав кластера строительный комплекс по утилизации и переработке изношенных шин [3; 4].

В настоящее время одной из почти не решаемых проблем в транспортном комплексе России является низкий уровень информативности о состоянии дорог, мостов и прочих инженерных сооружений на объектах регионального уровня. Малая информативность по таким объектам практически полностью предопределяет низкое качество сооружений и их предаварийное и аварийное состояние. Решать проблему повышения качества и надежности дорог и мостов – задача центра мониторинга.

Главной задачей центра мониторинга является разработка системы точности мониторинга и эксплуатации объектов автодорожной транспортной инфраструктуры не только Курганской области, но и всего Уральского федерального округа. Результаты работы центра позволят оценить степень соответствия несущей способности объектов автодорожной и транспортной инфраструктуры внешним воздействиям в рассматриваемый момент времени и на прогнозируемый период. В круг интересов центра мониторинга входит также разработка альтернативных стратегий по изменению состояния поврежденных объектов автодорожной транспортной инфраструктуры до проектного или требуемого уровня (ремонт, восстановление, усиление, реконструкция, замена).

Создаваемый кластер позволит позиционировать на рынке – присутствие на внутреннем рынке

и развитие экспорта. Технологическое лидерство выражается в репутации, разработке новых продуктов, в уровне квалификации специалистов. Способность к обновлению кластера обеспечивается показателями: образование новых фирм, повышение доли экономической активности кластера в валовом региональном продукте. Социальный эффект в результате деятельности кластера связан с формированием в регионе новых рабочих мест, создаваемых как на плановой основе, так и за счет синергетического эффекта, роста благосостояния работников кластера и членов их семей.

В рамках создаваемого кластера предполагается создание и других проектов (один из них – логистический кластер), позволяющих экономике Курганской области стать более конкурентоспособной как на российском, так и на международном рынке.

По своей сущности логистический кластер является структурой, формируемой на основе кооперации самостоятельных предприятий в процессе создания продукции. При этом необходимо отметить, что масштабы подобных кластерных образований существенно зависят от специфики производства, обеспечивающего создание конечного продукта в каждом конкретном случае. Количество кластерных образований может быть весьма значительным, как и число предприятий, их составляющих. Каждый крупный кластер может представлять собой систему малых кластеров. Подобное иерархическое построение кластеров вызвано возможностью использования преимуществ модулей функционального соответствия различной агрегативности процессов, обеспечиваемых взаимодействием их элементов [2].

Модуль функционального соответствия отражает многофункциональные характеристики любого процесса в ходе научно-технического прогресса (НТП) на единой методической основе, предполагающей наличие обратных связей от более сложной иерархии к более простой.

Агрегативность структур и процессов промышленных кластеров растет и сегментируется в ходе НТП с постепенным переходом от сырьевой модели развития на выпуск готовой высокотехнологичной продукции. Например, на рисунке 1: А1 – структурное подразделение «Курганстальмост», А2 – более сложная иерархия, представляющая собой холдинг ЗАО «Курганстальмост»; А3 – комплекс промышленных зон опережающего развития Курганской области. При этом  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  – годы развития модулей функционального соответствия.



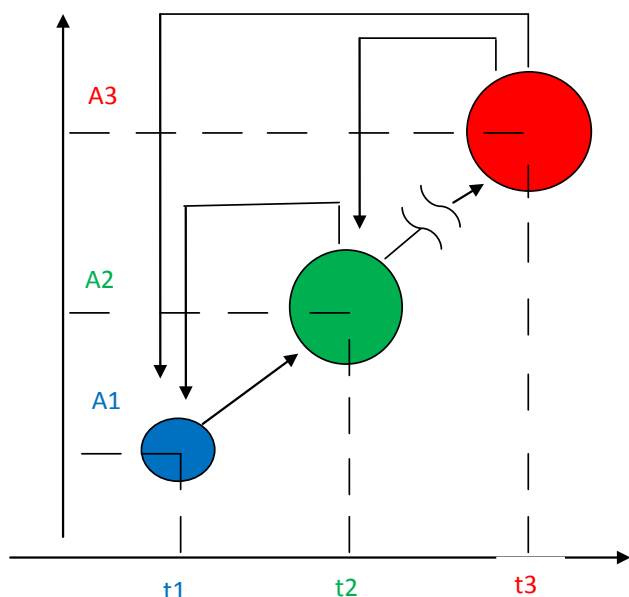


Рисунок 1 – Модули функционального соответствия для промышленных кластеров

Логистические кластеры обладают всеми преимуществами, которые дает интеграция на основе кооперационных взаимодействий самостоятельных специализированных компаний в их рамках. А генезисом таких кластеров являются следующие механизмы: затратно-распределительный механизм, кредитно-кооперационный механизм, информационный механизм.

Результурующий этап кластеризации включает в себя мониторинг и оценку эффективности использования интеграционных технологий организации и управления промышленностью (критерии оценки эффективности использования технологий находятся в стадии разработки).

Далее формулируется подход, позволяющий комплексно оценить характер воздействия кластеризации, который учитывает уровень социально-экономического и экологического состояния региона, а также степень реализации природно-ресурсного потенциала обозначенных территорий. Такой подход способен выявить прогрессивные производства опережающего развития и сориентировать социально-экономические системы региона на функционирование в нормах единого экономического и информационного пространства.

Предлагаемый путь не идеален, но может послужить началом разработки основной экономико-математической модели – модели кластерной структуры организации промышленности Урало-Сибирского региона.

Темп прироста регионального производства под воздействием кластерных технологий определяется по следующей формуле:

$$T_{\text{рег.пр.}} = T_{\text{пр}} (A+B+C) = T_{\text{пр}A} * K_A + T_{\text{пр}B} * K_B + T_{\text{пр}C} * K_C, (1)$$

где  $T_{\text{пр}A,B,C}$  – темп прироста отраслевого производства под воздействием кластерных технологий

в масштабе экономики региона (например, кластер транспортной промышленности (Курганский машиностроительный завод), «Курганстальмост» и аграрно-промышленный кластер);  $K_{A,B,C}$  – коэффициенты, характеризующие удельный вес продукции кластеризованной отрасли в совокупном продукте региона.

Предлагаемый подход демонстрирует необходимость учета тенденции трансформации, которую вносит кластеризация, и представляет целенаправленное воздействие на эндогенные параметры, определяющие поведение основных участников и направления развития социо-эколого-экономических систем на микроуровне.

Таким образом, оценка эффективности развития интеграционных структур на базе кластерных технологий должна быть основана на количественном определении возникающего эмерджентного эффекта, под которым понимается итог, вызванный скоординированным в пространстве и времени действием разнородных по природе механизмов, и которые приводят к качественным изменениям в системе.

#### Список литературы

- 1 Портер М. Конкуренция. М. : Изд. дом «Вильямс», 2005. 496 с.
- 2 Самуйлов В. М. и др. Региональная логистика : монография. М., 2010.
- 3 Самуйлов В. М., Парышев Д. Н., Харин В. В. и др. Роль зон опережающего развития Курганской области в дальнейшем прогрессе региона // Инновационный транспорт. 2014. № 2. С. 51-56.
- 4 Самуйлов В. М., Фирстов С. В., Черных В. В. Информационная логистика. Моделирование процессного управления транспортно-логистическими цепочками : учеб. пособие. Екатеринбург : УрГУПС, 2011. 156 с.
- 5 Стратегия социально-экономического развития Курганской области до 2020 года: утв. распоряжением Правительства Курганской области от 2 декабря 2008 г. № 488-р. Курган ; Москва, 2008. 196 с. URL: [http://adm.kurganobl.ru/assets/files/raznoe/RPKO\\_488-r\\_02-12-2008.pdf](http://adm.kurganobl.ru/assets/files/raznoe/RPKO_488-r_02-12-2008.pdf).

# ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 621.313.3

**В.И. Мошкин,**  
**Курганский государственный университет**  
**Г.Г. Угаров**  
**Саратовский государственный технический**  
**университет им. Ю.А. Гагарина**

## ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИВОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Аннотация.** Проведен анализ составляющих единичного цикла импульсных машин с электромагнитными двигателями. Определены значения продолжительности включения через стандартные значения с учетом особенностей работы технологического оборудования и в зависимости от частоты ходов. Найдена предельная частота ходов для двигателей электромагнитных прессов.

**Ключевые слова:** импульсный линейный электромагнитный двигатель, продолжительность включения, частота ходов.

**V.I. Moshkin, Kurgan State University,**  
**G.G. Ugarov, Yuri Gagarin Saratov State Technical**  
**University**

## DUTY RATING OF ELECTROMAGNETIC MOTOR IN THE DRIVE SYSTEM OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

**Annotation.** We carried out the analysis of the components of a single cycle of pulse machines with electromagnetic motors. The values of the duty rating are determined through the standard values taking into account peculiarities of the technological equipment process and dependency on the stroke frequency. It is found the threshold stroke frequency for press electromagnetic motors.

**Keywords:** pulse linear electromagnetic motor, duty rating, stroke frequency.

Импульсные линейные электромагнитные двигатели (ЛЭМД) в приводе технологического оборудования работают в режимах одиночных ходов (единичный цикл, включающий в себя рабочий и холостой ходы), непрерывных ходов и серии ходов. Режимы непрерывных ходов и серии ходов имеют различные значения времени паузы  $t_n$ , из-

меняемые от  $t_n = 0$  до задаваемого технологическим процессом времени ожидания очередного срабатывания.

В частоударных электромагнитных машинах (молотках, перфораторах, вибраторах), приводимых в движение импульсными ЛЭМД, время работы электромагнитной машины  $t_{рп}$  представляет, как правило, пакет временных импульсов, поскольку эти машины питаются импульсами электрического напряжения и генерируют ударные импульсы. Определяют продолжительность включения двигателя в этом случае, исходя из формулы [1-3]:

$$ПВ_{ст} = \frac{t_{рп}}{t_{цп}}, \quad (1)$$

где  $t_{рп}$  – время работы импульсного ЛЭМД в режиме пакета;  $t_{цп} = t_{рп} + t_n$  – время цикла такого режима;  $t_n$  – время паузы, представляющее собой время до следующего удара.

Однако, в выражении (1) не отражена структура временно́го импульса, учет которой представляется необходимым для редкоударных ЛЭМД, используемых в приводе крупных машин (прессов, молотов и т.д.).

Для редкоударных импульсных ЛЭМД (молоты, прессы) будем считать, что время работы двигателя  $t_{ри}$  – это время нахождения его обмотки под импульсом тока за рабочий ход в течение единичного цикла, состоящего из рабочего и холостого ходов, в результате чего якорь двигателя совершает единичный удар, после чего наступает пауза до следующего единичного цикла длительностью  $t_{ед.ц}$ . Определим структуру этого времени.

Время  $t_{ри}$  нахождения обмотки импульсного ЛЭМД под импульсом тока при рабочем ходе включает в себя следующие составляющие [1;4]:

$$t_{ри} = t_{тр} + t_{дв} + t_{г}, \quad (2)$$

где  $t_{тр}$  – время трогания якоря ЛЭМД, отсчитываемое от появления и нарастания тока в обмотке возбуждения до начала движения якоря;  $t_{дв}$  – время движения якоря под импульсом тока;  $t_{г}$  – время гашения магнитного поля.

Продолжительность цикла для редкоударных импульсных машин в этом случае будет отличаться от времени единичного цикла  $t_{ед.ц}$  временем паузы  $t_n$ :

$$t_{ци} = t_{ри} + t_{хх} + t_{п} = t_{ед.ц} + t_n, \quad (3)$$

где  $t_{хх}$  – время холостого хода (без тока) для конструктивной схемы двигателя, например, с возвратной пружиной [5].

Время паузы  $t_n$  при единичном цикле будет  $t_n = t_{хх}$ , а при работе электромагнитной машины с частотой ходов в минуту  $n$  ( $n < n_{пред}$ ) оно зависит от этой частоты. Следовательно, продолжитель-

ность цикла  $t_{ци}$  для редкоударных электромагнитных машин из (3) и рисунка 1 также зависит от частоты ходов, то есть  $t_{ци} = f(n)$ .

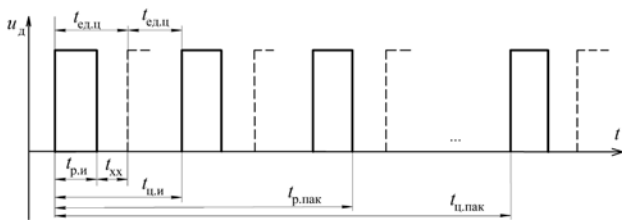


Рисунок 1 – Циклы частотударных и редкоударных электромагнитных машин

Например, при  $t_n = 0$  время цикла будет минимально возможным и равным времени единичного цикла:

$$t_{ед.ц} = t_{ри} + t_{хх}, \quad (4)$$

которое обеспечивает предельную частоту ходов машины  $n_{пред}$ .

Введём понятие «относительное время  $\Delta t$  протекания тока в обмотке импульсного ЛЭМД за единичный цикл». В общем случае при времени паузы  $t_n$ , отличающемся от нуля, для редкоударных машин получим:

$$\Delta t_* = \frac{t_{ри}}{t_{ци}}. \quad (5)$$

Используя выражение (5), определим время  $t_p$  протекания тока в импульсном ЛЭМД, когда задано время работы машины  $t_{рп}$  в виде пакета импульсов:

$$t_p = t_{рп} \cdot \Delta t_*. \quad (6)$$

Продолжительность включения для редкоударных машин можно найти через  $ПВ_{ст}$  из (1) для частотударных по формуле:

$$ПВ = \frac{t_p}{t_{ци}} = \Delta t_* \cdot \frac{t_{рп}}{t_{ци}} = ПВ_{ст} \cdot \Delta t_*. \quad (7)$$

Выражение (7), в отличие от (1), позволяет учесть время нахождения под током импульсных ЛЭМД редкоударных машин и, тем самым, определить с меньшей погрешностью, чем по (1), продолжительность включения.

Представим (7) через другие параметры, определяемые расчётными либо экспериментальными путями. Для этого подставим в (5) выражение для  $t_{ци}$  из формулы частоты ходов в минуту

$$n = \frac{60}{t_{ци}}, \text{ получим относительное время:}$$

$$\Delta t_* = t_{ри} \cdot \frac{n}{60}, \quad (8)$$

где продолжительность цикла  $t_{ци}$  предполагает в ее составе паузу, обусловленную технологическим процессом (рисунок 1). Из (8) следует, что, если длительность  $t_{ри}$  неизменна, то с ростом частоты ходов  $n$  относительное время также растет.

Тогда выражение (7) с учетом (8) примет вид:

$$ПВ = ПВ_{ст} \cdot n \cdot \frac{t_{ри}}{60}. \quad (9)$$

Найдём минимально возможное относительное время протекания тока в импульсном ЛЭМД за единичный цикл, когда  $t_n$  равно нулю, с учетом (4) и (5):

$$\Delta t_{мин*} = \frac{t_{ри}}{t_{ед.ц}}. \quad (10)$$

Выражение (4) позволяет определить предельно возможную частоту ходов в минуту из экспериментальных данных:

$$n_{пред} = \frac{60}{t_{ед.ц}}. \quad (11)$$

Примем  $n_{пред}$  из (11) за базисную величину, выразив относительное значение частоты ходов  $n$ , в минуту для импульсного ЛЭМД:

$$n_* = n \cdot \frac{t_{ед.ц}}{60}. \quad (12)$$

Тогда выражение (10) с учетом (11) и (12) примет вид:

$$ПВ = ПВ_{ст} \cdot n_* \cdot \Delta t_{мин*}, \quad (13)$$

в котором  $0 < n_* < 1$ .

Подставив в (5) значение времени  $t_{ри}$  из (10), получим относительное время, выраженное через минимально возможное:

$$\Delta t_* = \Delta t_{мин*} \cdot \frac{t_{ед.ц}}{t_{ци}}. \quad (14)$$



Тогда с учётом (14) формула (7) для ПВ примет окончательный вид:

$$ПВ = ПВ_{СТ} \cdot \Delta t_{мин*} \cdot \frac{t_{ед.ц}}{t_{ци}} \quad (15)$$

Выражения (13) и (15) позволяют определить истинное значение продолжительности включения ПВ импульсного ЛЭМД через значение  $ПВ_{СТ}$  задаваемое в [1], а также через число ходов  $n$  и предельные значения времени протекания тока в ЛЭМД за единичный цикл  $\Delta t_{мин*}$ , времени единичного цикла  $t_{ед.ц}$  (при отсутствии паузы), времени цикла  $t_{ци}$  при наличии паузы, учитывая тем самым особенности работы технологического оборудования.

Минимально возможное время протекания тока  $\Delta t_{мин*}$  за единичный цикл можно определить адресно для конкретных ЛЭМД, выполняющих в прессовом оборудовании конкретные технологические операции.

Так, например, из анализа осциллограмм для рабочих процессов электромагнитных пресов ПЭМ-1,0 и ПЭМ-3,0 для клёпки, уплотнения литейных смесей величина  $\Delta t_{мин*} = 0,3$  [2]. На рисунке 2 представлено семейство характеристик  $ПВ = f(n)$  при  $ПВ_{СТ} = const$ .

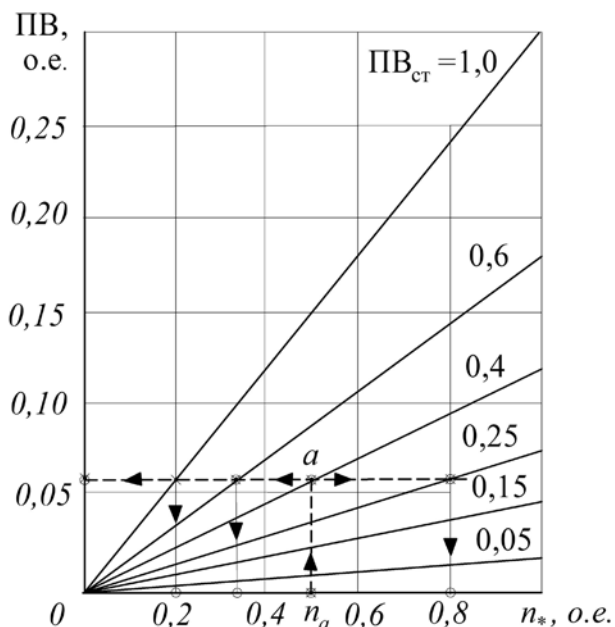


Рисунок 2 – Зависимость продолжительности включения ПВ от частоты ходов  $n$  редкоударной машины

при  $\Delta t_{мин*} = 0,3$  для различных  $ПВ_{СТ}$

Рассмотрим случай, когда частота ходов равна половине предельной, то есть  $n = n_a = 0,5$ . Тогда для  $ПВ_{СТ} = 0,4$  получим точку  $a$  на рисунке 2, которой соответствует истинное значение  $ПВ = 0,06$ . Графически найденное значение ПВ подтвержда-

ется расчетом по (3). Для этого же  $ПВ=0,06$  при различных  $ПВ_{СТ}$  можно получить другие частоты ходов. Так, для  $ПВ_{СТ}=0,6$  получим  $n_a=0,33$ , а для  $ПВ_{СТ}=0,25$  получим  $n_a=0,8$ .

Для импульсного ЛЭМД прессы ПЭМ-1,0 усилием 10 кН (1 тс) при частоте  $n = 60$  ход/мин, для продолжительности цикла  $t_{ци} = 1$  с и при длительности  $t_{ед.ц} = 144 \cdot 10^{-3}$  с согласно (14) получим относительное время:

$$\Delta t_* = 0,3 \cdot \frac{144 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,0432 = 4,32\% ;$$

при  $n = 300$  ход/мин для времен  $t_{ци} = 0,2$  с и  $t_{ед.ц} = 144 \cdot 10^{-3}$  с получим:

$$\Delta t_* = 0,3 \cdot \frac{144 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 0,216 = 21,6\% .$$

Для импульсного ЛЭМД прессы ПЭМ-3,0 усилием 30 кН (3 тс) при частоте ходов в минуту  $n = 60$  ход/мин для времен  $t_{ци} = 1$  с и  $t_{ед.ц} = 186 \cdot 10^{-3}$  с получим:

$$\Delta t_* = 0,3 \cdot \frac{186 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,0558 = 5,58\% ;$$

при  $n = 300$  ход/мин для времен  $t_{ци} = 0,1$  с и  $t_{ед.ц} = 186 \cdot 10^{-3}$  с получим:

$$\Delta t_* = 0,3 \cdot \frac{186 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 0,279 = 27,9\% .$$

Предельная частота ходов в минуту при известных конструктивных, геометрических, режимных и технологических факторах (без учёта теплового состояния) для ЛЭМД прессы ПЭМ-1,0 усилием 10 кН (1 тс) при  $t_{ед.ц} = 144 \cdot 10^{-3}$  с (определено из осциллограмм [2]) будет:

$$n_{пред} = \frac{60 \cdot 10^3}{144} = 417 \text{ ход/мин};$$

для ЛЭМД прессы ПЭМ-3,0 усилием 30 кН (3 тс) при  $t_{ед.ц} = 186 \cdot 10^{-3}$  с будет:

$$n_{пред} = \frac{60 \cdot 10^3}{186} = 323 \text{ ход/мин}.$$

Таким образом, оценка составляющих единичного цикла редкоударных импульсных машин с ЛЭМД позволяет учесть время нахождения под

током обмотки двигателя и определить для режима непрерывных ходов продолжительность его включения. Попытка в экспериментах превысить предельную частоту ходов за счёт увеличения частоты питающих обмотку двигателя импульсов напряжения приводит к снижению энергии его рабочего хода и снижению ударной мощности, что подтверждается и расчётами [3].

Полученные выражения для продолжительности включения могут быть использованы при проектном расчёте электромагнитного привода.

#### Список литературы

- 1 ГОСТ 15989-83. Молотки ручные электромагнитные. М.: Изд-во стандартов, 1984. 20 с.
- 2 Определение продолжительности включения линейного электромагнитного двигателя (ЛЭМД) в приводе технологического оборудования / Проблемы электроэнергетики // В. И. Мошкин, Г. Г. Угаров, О. В. Вдовина Саратов : Изд-во СГТУ, 2010. С.92-94.
- 3 Мошкин В. И., Угаров Г. Г., Помялов С. Ю. Продолжительность включения линейного электромагнитного двигателя в приводе технологического оборудования // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы LI Международной научно-технической конференции. Ч. 5. Челябинск : Изд-во ЧГАА, 2013. С. 57-60.
- 4 Прессовое оборудование с линейными электромагнитными двигателями / Электромагнитные силовые импульсные системы // Н. П. Ряшенцев, Г. Г. Угаров, А. В. Льюицын и др. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1982. С. 3-13.
- 5 Мошкин В. И. Основные энергетические и динамические параметры однообмоточных ЛЭМД с возвратной пружиной // Вестник КГУ, №1 (20). Вып. 6. Курган : Изд-во Курганского гос.ун-та, 2011. С.105-109.

УДК 621.314

**И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов, И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов**  
**Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева**

## УПРУГАЯ ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПИТАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

**Аннотация.** Показано, что упругая нагрузка пьезоэлектрического преобразователя может быть представлена в виде емкостного сопротивления в его электрической цепи и обоснована возможность возникновения свободных гармонических колебаний при подключении к преобразователю катушки индуктивности.

**Ключевые слова:** пьезоэлектрический преобразователь, емкость, индуктивность, упругость, колебания.

**I.P. Popov, V.G. Chumakov, S.S. Rodionov, I.V. Shevtsov, S.S. Nizavitin, V.V. Mikhailov**  
**Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev**

## RESILIENT CAPACITY OF A PIEZOELECTRIC TRANSDUCER POWER SUPPLY CIRCUIT

**Annotation.** It is shown that the resilient load of the piezoelectric transducer can be represented as a capacitance in the electrical grid and proved the possibility of free harmonic oscillation in connecting to a transmitter coil.

**Keywords:** piezoelectric transducer, capacitance, inductance, resiliency, oscillations.

### Введение

В настоящее время на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения и сельхозпереработки широко внедряются системы автоматизации, в том числе, роботизированные комплексы. В составе таких систем в качестве датчиков и высокоточных приводов используются, в частности, пьезокерамические электромеханические преобразователи [1-3]. Актуальной задачей является выявление влияния упругой нагрузки преобразователей на реактивное сопротивление их электрических цепей и вытекающей из этого возможности возникновения свободных гармонических колебаний, которые могут иметь как отрицательное, так и положительное воздействие на систему в целом.

В литературе нет непосредственного решения этой задачи. Предпосылкой ее решения является одна из двух систем аналогий между электромагнитными и механическими величинами, в соответствии с которыми коэффициент упругости связан дуальным соотношением с электрической емкостью  $k \leftrightarrow C$ .

Однако дуальная связь не является функциональной, поскольку охватываемые ею величины относятся к изолированным друг от друга системам. Поэтому указанное соотношение само по себе не дает оснований рассматривать механическую величину «коэффициент упругости» в качестве параметра электрических цепей.

Целью настоящей работы является представление упругой нагрузки в виде емкостного сопротивления в электрической цепи пьезоэлектрического преобразователя и обоснование возможности возникновения свободных гармонических колебаний при подключении к нему катушки индуктивности.

### 1 Пьезоэлектрический преобразователь с упругой нагрузкой

На рисунке изображен пьезоэлектрический преобразователь с упругой нагрузкой с коэффициентом упругости  $k$ . Работа преобразователя основана на прямом и обратном пьезоэффектах [4-6]. Прямой пьезоэффект проявляется в том, что на обкладках пьезоэлемента при его деформации  $x$  появляется электрический заряд  $q$ .

$$q = d_1 x, \quad (1)$$

где  $d_1$  – пьезомодуль. При подаче на обкладки напряжения  $u$  пьезоэлемент деформируется и развивает усилие  $F$ . В этом заключается обратный пьезоэффект.

$$F = d_2 u . \quad (2)$$

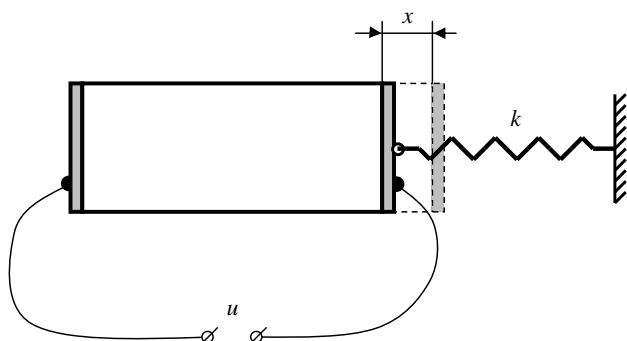


Рисунок 1 – Пьезоэлектрический преобразователь с упругой нагрузкой

## 2 Упругая емкость

Для выявления характера реактивного сопротивления цепи питания преобразователя, в виде которого представлена упругая нагрузка, целесообразно абстрагироваться от собственных емкости, индуктивности, массы и упругости пьезоэлемента, потерь на трение и активного сопротивления.

Пусть на обкладки пьезоэлемента подается напряжение  $u$ . В соответствии с третьим законом Ньютона, законом Гука, а также с учетом (2)

$$F = d_2 u = kx . \quad (3)$$

Производная (1)

$$\frac{dq}{dt} = i = d_1 \frac{dx}{dt} ,$$

С учетом этого производная (3)

$$d_2 \frac{du}{dt} = k \frac{dx}{dt} = \frac{k}{d_1} i$$

$$i = \frac{d}{k} \frac{du}{dt} ,$$

где  $d = d_1 d_2$ . Сравнение последнего выражения с током в конденсаторе

$$i = C \frac{du}{dt}$$

$$\text{дает } C_k = \frac{d}{k} ,$$

где  $C_k$  – упругая емкость. Для сравнения, упругая нагрузка индуктивных электромеханических преобразователей обуславливает противоположный характер реактивности – индуктивный [7–12].

## 3 Колебательная система

Для электрической цепи упругая (искусственная) емкость  $C_k$  неотличима от «натуральной» емкости  $C$ . При соединении преобразователя, обладающего упругой емкостью, с катушкой индуктивности образуется колебательная система, в которой могут возникать свободные гармонические колебания.

Собственная частота колебаний автономной консервативной упруго-индуктивной ( $kL$ ) системы

$$\omega_{kL0} = \frac{1}{\sqrt{LC_k}} = \sqrt{\frac{k}{dL}} .$$

Сравнение этого выражения с формулой для частоты пружинного маятника

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

позволяет определить искусственную или «индуктивную массу»

$$m_L = dL .$$

## Вывод

Таким образом, упругая нагрузка пьезоэлектрического преобразователя может быть представлена в виде емкостного сопротивления в его цепи питания.

Пьезоэлектрический преобразователь с упругой нагрузкой запасает *потенциальную энергию упругого элемента*, чем отличается от конденсатора, который запасает *энергию электрического поля*. Вместе с тем, он воспринимается цепью как емкостное устройство, поэтому может рассматриваться как объект с искусственной (упругой) емкостью.

При соединении преобразователя, обладающего искусственной емкостью, с катушкой индуктивности образуется колебательная система, в которой могут возникать свободные гармонические колебания. При этом происходит взаимное превращение энергии магнитного поля катушки индуктивности в потенциальную энергию упругого элемента, т.е. взаимодействие величин различной физической природы, что принципиально отличает их от колебательных систем с однородными элементами.

Образование подобных колебательных систем в устройствах автоматики может приводить к резонансным явлениям и иметь негативные последствия.

Перспективными для робототехники являются индуктивно-емкостные электромеханические преобразователи, использующие магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Такие преобразователи способны обеспечивать высокоточные трехмерные перемещения. Их наивысшие



энергетические показатели обеспечиваются в режиме электромеханического резонанса, в частности, при реализации упруго-индуктивной ( $kL$ ) колебательной системы, что доставляет пример ее положительного воздействия.

#### Список литературы

1 Попов И. П. Зависимость реактивного сопротивления пьезоэлектрического преобразователя от механических параметров его нагрузки // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 5 (87). С. 94-98.

2 Попов И. П. Реализация частной функциональной зависимости между индуктивностью и массой // Российский научный журнал. 2012. № 6(31). С. 300, 301.

3 Попов И. П. Упруго-индуктивный осциллятор // Российский научный журнал. 2013. № 1(32). С. 269, 270.

4 Попов И. П. Переходный процесс при подключении пьезоэлектрического преобразователя с инертной нагрузкой к источнику постоянного напряжения // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. 2013. Вып. 8. № 2(29). С. 82, 83.

5 Попов И. П., Попов Д. П., Кубарева С. Ю. Упруго-индуктивные колебания в системах автоматики // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 3 (7). С. 57-59.

6 Попов И. П. Инертно-емкостная колебательная система // Зауральский научный вестник. 2013. № 2(4). С. 65, 66.

7 Попов И. П. Свободные гармонические колебания в системах с элементами различной физической природы // Вестник Костромского государственного университета им. Н.А. Некрасова. 2012. Т. 18. № 4. С. 22-24.

8 Попов И. П. Функциональная связь между индуктивностью и массой, емкостью и упругостью // Вестник Забайкальского государственного университета. 2013. № 02(93). С. 109-114.

9 Попов И. П., Чарыков В. И., Попов Д. П. Электромеханические колебания в системах автоматики // Вестник НГАУ. 2014. № 4(33). С. 173-177.

10 Попов И. П. Свободные гармонические колебания в упруго-емкостной системе // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2011. Вып. 4. №2(21). С. 87-89.

11 Попов И. П., Сарапулов Ф. Н., Сарапулов С. Ф. О емкостных и индуктивных свойствах электромеханических преобразователей // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. 2011. Вып. 6. №1(20). С. 102, 103.

12 Попов И. П., Сарапулов Ф. Н., Сарапулов С. Ф. Переходный процесс при подключении электромеханического преобразователя с упругой нагрузкой к источнику постоянного напряжения // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. 2012. Вып. 7. №2(24). С. 80-82.

УДК 621.316.722

**В.И. Чарыков, А.Н. Шабуров, И.П. Попов**  
*Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева*

## РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ

**Аннотация.** В статье приводится алгоритм разработки преобразователя напряжения для питания газоразрядных ламп ИН-14 на базе микросхемы  $\mu\text{c}34063$ . Дана характеристика микросхемы и назначение всех входящих в схему преобразователя элементов.

**Ключевые слова:** преобразователь напряжения, схемотехника, микросхема, транзистор, конденсатор, драйвер, печатная плата.

**V.I. Tcharykov, A.N. Chaburov, I.P. Popov**  
*Kurgan State Agricultural Academy  
by T.S. Maltsev*

## ADJUSTABLE HIGH VOLTAGE CONVERTER

**Annotation.** The article provides an algorithm of the development of voltage converter for powering discharge lamps based on a microcircuit IN-14  $\mu\text{c}34063$ . The article describes the characteristics of the microcircuit and the purpose of all the elements of converter scheme.

**Keywords:** voltage converter, circuitry, microcircuit, transistor, capacitor, driver, printed circuit board.

#### Введение

Преобразователи напряжения – это специальные электротехнические устройства, назначением которых является получение переменного тока от какого-либо источника постоянного напряжения. В нашем случае преобразователь напряжения был разработан для питания газоразрядных индикаторов ИН-14. Данный преобразователь выполнен на микросхеме  $\mu\text{c}34063$ .

#### 1 Характеристика микросхемы

Данная микросхема очень универсальна в плане построения импульсных преобразователей напряжения. Используя схемотехнику, на данной микросхеме можно строить понижающие, повышающие и инвертирующие преобразователи. Эти типы преобразователей являются базовыми и не имеют гальванической развязки [1].

#### Основные характеристики:

Широкий диапазон входных напряжений, от 3 до 40 В.

Высокий выходной импульсный ток, до 1.5 А.

Регулируемое выходное напряжение.  
 Частота преобразования до 100 кГц.  
 Точность внутреннего источника опорного напряжения, 2%.  
 Ограничение тока короткого замыкания.  
 Низкое потребление в спящем режиме.  
 Из недостатков можно выделить следующие пункты:

Отсутствие внутреннего усилителя ошибки, поэтому пульсации выходного напряжения получаются большими. В рекомендациях по применению предлагается на выход преобразователя ставить LC-фильтр.

Мощный выходной транзистор требует драйвера для его раскачки.

Аналоги данной микросхемы:

Зарубежные- AP34063, KS34063,  
 отечественный- K1156УЕ5.

2 Схемотехника преобразователя

Рассмотрим схемотехнику преобразователя напряжения (рисунок 1) [3].

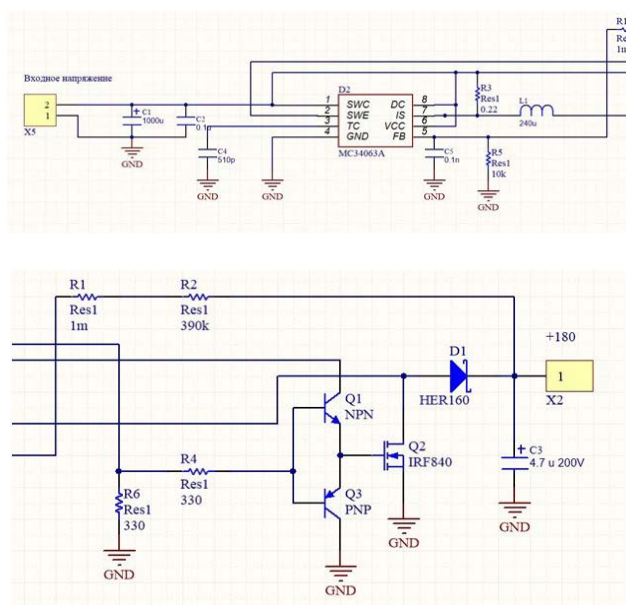


Рисунок 1 – Схема преобразователя

На данной схеме представлен преобразователь с полным драйвером транзистора типа N-MOSFET – Q2, выполненного на 2 транзисторах средней мощности Q1 и Q3. Это сделано для того, чтобы уменьшить нагрев транзистора Q2 и установить резистор R6 номиналом 1кОм без значительного рассеивания на нем мощности. При этом излишне не нагружается внутренний ключ микросхемы и повышается КПД преобразователя за счет уменьшения нагрева радиодеталей. При использовании драйвера транзистора происходит уменьшение нагрева самого транзистора, что позволяет использовать его без радиатора.

Силовой транзистор Q1 подбирается на максимальное выходное напряжение, не менее 250 В, например IRF740, IRF840.

Защита от перегрузки (короткого замыкания) выполнена на токовом резисторе R3 номиналом 0,22 Ома. Если его не ставить то схема может работать не стабильно, особенно если дроссель L1 будет насыщаться.

C4 – это задающий частоту работы преобразователя конденсатор, его номинал может быть в пределах 200-1000пФ, а его емкость зависит от используемого дросселя и требуемой нагрузки (выходной емкости). Чем больше емкость, тем меньше частота работы преобразователя.

Дроссель L1 подбирается с открытым магнитопроводом, либо на кольце большого диаметра (чтобы не возникал эффект насыщения). При использовании магнитопровода в форме кольца можно снизить количество витков и выполнить их толстым проводом, при этом снижаются омические потери индуктивности. Номинал дросселя ставится от 200 мкГн и выше.

При неправильно выбранном дросселе, если он не подходит конструктивно, либо его номинал, будет происходить нагрев элементов и будет слышен низкочастотный писк. При правильно подобранной индуктивности ее нагрев будет не значителен.

Диод D1 – ультрабыстрый диод Шотки, выбирается по обратному напряжению, оно не должно быть меньше 300 В.

При питании преобразователя ниже 9 В, требуется большое количество импульсов для раскачки транзистора Q1, при этом он открывается не полностью и происходит его нагрев. Оптимальным питанием является 12В.

Транзисторы Q1 и Q3 - КТ315 и КТ361, их цель заряжать и разряжать до нуля затвор транзистора Q2. Электролитические конденсаторы C1, C3 и керамический C2 служат для сглаживания входного и выходного напряжения. C1, C2 выбираются на напряжение выше, чем напряжение питания, например 25 В. Конденсатор C3 выбирается на напряжение не менее чем 200 В. 3 Разработка печатной платы преобразователя

Разработанная печатная плата и ее внешний вид представлены на рисунке 2 [2].

Обсуждение результатов

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

При разработке схемы преобразователя выполнены две основные задачи схемотехники:

- сделан анализ работы преобразователя на основе работы его основных частей;
- сделано построение схемы преобразователя на базе отдельных элементов.

электрических схем в *Electronics Workbench* : материалы учебно-методической конференции «Современные информационные технологии в высшем профессиональном образовании». Курган : КГСХА, 2009. С. 17-19.

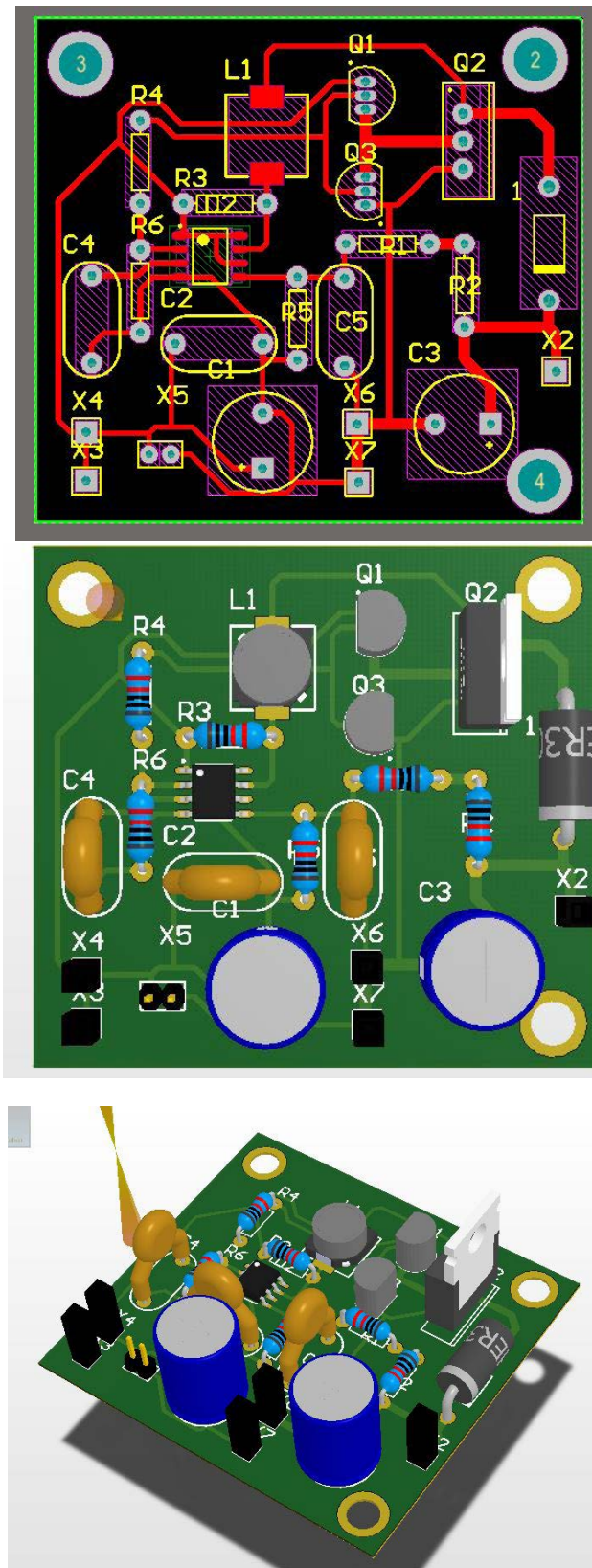


Рисунок 2 – Разработанная печатная плата и ее внешний вид в программе Altium Designer

Список литературы.

- 1 Урюмов Е. П. Цифровая схемотехника. СПб. : БХВ-Санкт-Петербург, 2001. 216 с.
- 2 Медведев А. М. Технология производства печатных плат. М. : Техносфера, 2006. 148 с.
- 3 Чарыков В. И., Газиев А. Х. Моделирование и анализ



# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

УДК 669.018

**В.А. Бубнов**  
*Курганский государственный университет*  
**А.Н. Князев**  
*ООО «Кварк-Привод»*

## ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

**Аннотация.** *Статья посвящена перспективному конструкционному материалу титану и его сплавам. Представлена кратко история появления титана и его превращения в перспективный конструкционный материал, показаны области его применения, особенно в машиностроении. В статье поднят вопрос о необходимости проведения исследований о влиянии холодной пластической деформации на механические свойства материала и его надежность.*

**Ключевые слова:** машиностроение, титан и его сплавы, прочность, износостойкость, коррозионная стойкость, пластическая деформация, механические свойства.

**V.A. Bubnov**  
*Kurgan State University*  
**A.N. Knyazev**  
*Ltd. "Quark-Drive"*

## TITANIUM AND ITS ALLOYS IN MECHANICAL ENGINEERING

**Annotation.** *The article is devoted to the perspective construction material: titanium and its alloys. The history of the appearance of titanium and its transformation into perspective construction material is presented briefly; areas of its application and especially in mechanical engineering are shown. The question of the need for carrying out researches of cold plastic deformation influence on mechanical properties of the material and its reliability is brought up in the article.*

**Keywords:** mechanical engineering, titanium and its alloys, strength, wear resistance, corrosion resistance, plastic deformation, mechanical properties.

Машиностроение сегодня и завтра – обширная и многоплановая отрасль мировой экономики. Оно призвано обеспечивать научно-технический прогресс в промышленности, сельском хозяйстве, производстве продуктов питания, строительстве. Без машин, приборов и механизмов, сложных современных систем и агрегатов невозможен прогресс в медицине, космосе, вычислительной

технике, энергетике, связи и других сферах деятельности человека. Оборона страны также в громадной степени обеспечивается машиностроительным комплексом. Практически все передовые наукоемкие технологии создаются и обеспечиваются с участием машиностроения.

Характерной особенностью машиностроения является огромное многообразие конструкций и видов их назначения, многообразие рабочих сред, температур и давлений. В соответствии с этим круг материалов, применяемых в машиностроении, весьма широк. Наиболее ценными конструкционными материалами являются сплавы, сочетающие в себе важные эксплуатационные качества: высокую прочность и износостойкость, стойкость к агрессивным средам, достаточную прочность при повышенных температурах и др. К таким материалам можно отнести титан и его сплавы.

Металлургия титана начала развиваться только в 50-х годах XX столетия. До 1955 г. во всем мире было произведено первичного титана (губки) несколько сот тонн. В 1970г. общее производство титана достигло 20-30 тыс. тонн, а в 1987 г. – около 200 тыс. тонн. Титан как химический элемент (Ti) был открыт в 1791 году, но его истинные свойства как металла были изучены лишь после Второй Мировой войны, когда удалось его получить в достаточно чистом от примесей виде. История титана имеет аналогию с открытием и освоением алюминия, который во времена Д. И. Менделеева считался драгоценным металлом, а сейчас алюминиевые сплавы выплавляются миллионами тонн. Период развития титана от открытия до получения в чистом виде и начала изучения его как конструкционного металла (1942 г.) растянулся на 150 лет [1; 2].

Становление титана как конструкционного металла сопровождалось многими научными и техническими ошибками и заблуждениями. Так в конце XX века, в течение более 20 лет, считали, что титан очень тугоплавкий и хрупкий металл, а после «краха» мифа о его тугоплавкости ( $T_{пл}=1660^{\circ}\text{C}$  вместо предполагавшейся температуры  $3000^{\circ}\text{C}$ ) он просто считался малополезным металлом. Даже Д.И. Менделеев в 1906 г. в «Основах химии» писал: «...так как титан и цирконий довольно редки в природе, имеют мало практического применения, то мы на них не можем подробно останавливаться...» [1].

В первые годы после Второй Мировой войны отношение ученых и производителей к титану меняется. В 1942 г. немецкий ученый Кроль открыл реально доступный для промышленного освоения способ получения чистого металла (магнийтермический), в основу которого положена ре-

акция  $TiCl_4 + 2Mg \rightarrow 2MgCl_2 + Ti$ . Одновременно появляются и другие методы получения достаточно чистого металлического титана в промышленных масштабах (натриетермический, металлокерамический, йодидный). Ученые всего мира принялись интенсивно исследовать титан и определять перспективы его применения [2].

Как ни странно, начальную популярность и первое широкое использование получил не сам титан, а его оксид  $TiO_2$ , который оказался, пожалуй, самым ценным красящим веществом. Титановые белила (а это по существу порошок  $TiO_2$ ) являются по всем показателям лучше хорошо известных свинцовых и цинковых белил. Они обладают прекрасной стойкостью не только в атмосферных условиях, они не боятся изменения температуры и влажности, отличаются стойкостью против кислот и щелочей, экологически чисты и безвредны для человека, чего нельзя сказать о свинцовых белилах.

Что же ценного представляет титан и его сплавы и какое место они могут занять в технике среди других металлов?

В первую очередь необходимо осветить экономическую сторону вопроса. Сейчас уже стабилизировалась металлургия титана, накопился определенный опыт его обработки и применения, и стало ясно что получение металлического титана и его сплавов, их обработка, очень энергоемки и трудоемки, поэтому, видимо, титановые сплавы никогда дешевле стали и алюминия не станут, хотя сырьевые запасы титановых руд очень велики. В перспективе его стоимость будет близка к стоимости цветных металлов и может снизиться только при открытии новых более дешевых источников энергии. Сейчас цена титана в 5-10 раз больше чем цена коррозионностойкой стали аустенитного класса. И все же из-за своих природных свойств титан уникален. Не случайно 60-е и 70-е годы XX столетия были триумфом этого металла. С 1955 по 1975 годы его производство и потребление только в СССР увеличилось в 500-1000 раз [2].

Таблица 1 – Сравнение стоимости материалов

Наименование материала	Стоимость, руб./кг*
BT1-0 ГОСТ 19807-91	1800÷2200
BT5-1 ГОСТ 19807-91	2600
BT20 ГОСТ 19807-91	2900
Ст. 3 ГОСТ 380-2005	37÷45
Сталь 09Г2С ГОСТ 19281-89	38÷45
Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	48÷55
Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72	190÷250
Бронза БрАЖ9-4 ГОСТ 18175-78	400÷500

\* Цены указаны для проката в виде листа и круга. Стоимость металлов действительна на июль 2016 г.

Рассмотрим основные свойства титановых сплавов как конструкционных материалов для машиностроения.

1 Механические свойства титановых сплавов находятся на уровне прочных сталей, имеющих  $\sigma_v = 600 \div 1000$  МПа при уровне плотности почти в 2 раза меньше, чем у стали. Поэтому удельная прочность титановых сплавов при комнатной температуре в 1,5 раза выше, чем у стали, и в 2 и более раз выше чем у алюминия. При температуре  $200 \div 500^\circ C$  удельная прочность титановых сплавов несколько выше чем у стали, но в 2 и более раз выше чем у алюминиевых сплавов. Титан называют «крылатым» металлом реактивной и ракетной техники. Для плоскостной и моторной части сверхзвуковых самолетов титановые сплавы являются лучшим материалом современности. Большие перспективы конструкционные титановые сплавы имеют в качестве материала для корпусов подводных лодок и глубоководных спускаемых аппаратов. Американские кораблестроители подсчитали, что для глубины погружения более 600м титановые сплавы являются самыми выгодными корпусными металлическими материалами для подводных лодок и глубоководных аппаратов. Подводные аппараты с корпусами из титана с глубиной погружения до 600м изготовлены в США, Японии, Франции.

Таблица 2 – Механические свойства некоторых титановых сплавов

Наименование	Сортмент	Предел прочности $\sigma_v$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость, Дж/см <sup>2</sup>
BT1-0	Пруток отожженный	345	15	36÷40	50÷70
BT5-1	Пруток отожженный	745÷785	6÷8	15÷20	40
BT14	Пруток отожженный	865÷885	6÷8	15÷22	30
BT20	Пруток отожженный	885	7÷8	20	25÷30

2 Коррозионная стойкость титановых сплавов во многих агрессивных средах находится на уровне стойкости таких благородных металлов как серебро и золото.

3 Титан немагнитен и поэтому выгоден для деталей навигационных приборов.

4 Титановые сплавы имеют малый термический коэффициент линейного расширения (в 2 раза меньше чем у аустенитных сталей) и низкий модуль упругости (в 2 раза ниже чем у стали), благодаря чему в теплонапряженных конструкциях термические напряжения в них в 3-4 раза ниже, чем в стальных конструкциях при прочих равных условиях.

Краткий и далеко не полный перечень основных преимуществ титана по сравнению с другими материалами говорит об уникальности его свойств. Поэтому закономерно, что после первого ознакомления со свойствами титановых сплавов было начато быстрое развертывание его производства. Каждый год, начиная с 1950 года, мощности заводов по производству первичного титана увеличивались. Однако быстрота развертывания производства выявила некоторые неприятные «парадоксальности» свойств титановых сплавов. Это кажущаяся парадоксальность свойств титана, явилась результатом поспешного его применения, когда изучение особенностей свойств титана не успевало за потребностью быстрого эффективного его освоения в современной, особенно в военной, технике.

1 Изобилие сырья, добыча руды обходятся очень недорого, а получение чистого металла в пластичном состоянии так дорого, что до сих пор титан в 2-3 раза дороже цветных металлов и в 5-10 раз дороже стали.

2 Температура плавления титана  $1660^{\circ}\text{C}$ , т. е. он более тугоплавкий чем сталь, но повышение температуры от комнатной до  $400^{\circ}\text{C}$  снижает его прочностные характеристики в 1,5-2 раза.

Однако, самое, на первый взгляд, необычное свойство титановых сплавов заключается в том, что они при комнатной температуре имеют ползучесть, в то время как сталь проявляет ползучесть только при температуре выше  $350\div 400^{\circ}\text{C}$ .

3 В азотной кислоте титан проявляет исключительную стойкость, но вот что произошло на американской военной базе Ванденберг. К запуску готовили очередную ракету. Обслуживающий персонал был квалифицированным и привычно выполнял знакомую работу. Ничего не предвещало катастрофы. Но при заполнении бака концентрированной азотной кислотой ракета неожиданно взорвалась. Позднее выяснилось, что бак, изготовленный из титана, взорвался при воздействии красной дымящейся азотной кислоты. Титан очень стоек в азотной кислоте, однако в некоторых условиях (при определенном соотношении окислов  $\text{NO}_2$  и содержания воды в кислоте) происходит пиррофорная реакция – взрыв. Установлено, что титан может загораться и при других особых условиях [2].

4 Выдающимся качеством титановых сплавов является их высокая коррозионная стойкость в большинстве нейтральных солей и в особенности в хлоридах, в которых по стойкости они не имеют себе равных. Однако, разработка прочных сплавов и широкое применение титана в химической промышленности привели, в некоторых случаях, к коррозионному растрескиванию титановых сплавов именно в хлоридах. Правда, обнаружено это только для некоторых сплавов и в определенных условиях, но неожиданность этого факта в какой-то период снизила потребление титана в США, пока не были уточнены закономерности явля-

ния. Были выявлены и другие среды, в которых титановые сплавы подвержены коррозионному растрескиванию.

5 Коррозионностойкие металлы, например, сплавы на медной основе, имеют хорошие антифрикционные свойства и успешно применяются в узлах трения машиностроительных конструкций. Титановые сплавы имеют плохие антифрикционные свойства: высокий коэффициент трения (по стали  $0,3\div 0,7$ ), большой износ при трении и склонность к задирам и холодному схватыванию. Наиболее оригинально то, что все титановые сплавы практически не улучшают своих антифрикционных свойств при смазывании и трение в большинстве случаев происходит «всухую» независимо от наличия обычных смазок.

Можно было бы продолжить перечень «парадоксальных» свойств титановых сплавов, но уже перечисленное говорит о том, что без серьезного изучения свойств и особенностей титановых сплавов нельзя рассчитывать на успешное и эффективное использование их в современной технике [2; 3; 4].

Титан очень распространен в природе. По содержанию в земной коре он уступает только конструкционным металлам: алюминию, магнию и железу. По мощности рудных залежей, пригодных для переработки и экономически выгодных для получения диоксида титана и извлечения из них металла, титан превосходит даже алюминий. Только в зарубежных странах разведанные к настоящему времени запасы богатых титановых руд составляют более 2 млрд. т. Из такого количества сырья может быть получено около 140 млн. т. металлического титана (что при современном производстве хватит более чем на 500 лет).

Один из наиболее важных и распространенных в природе минералов – рутил. Данный минерал представляет почти чистый диоксид титана  $\text{TiO}_2$ . Рутил в скальной породе состоит из хрупких кристаллов, как правило желтого цвета. В большинстве случаев рутил встречается в виде осадочных россыпей. Рутил отличается большой концентрацией содержания титана (более 65 %).

Второй важнейший минерал – ильменит. Это минерал железо-черного или бурого цвета со слабым блеском, отдаленно напоминающий металлический.

По прогнозным ресурсам диоксида титана ( $\text{TiO}_2$ ), превышающим 800 млн т, Россия занимает второе место в мире после Китая. На территории страны ресурсы размещены достаточно равномерно; наиболее богаты ими юг Сибири и Дальнего Востока, европейский Север, центральные и южные районы европейской части России.

Россия является мировым лидером в производстве титановой продукции и крупнейшим ее экспортером. По данным за 2012 г. Верхнесалдинским объединением произведено 29,3 тыс. т титановой продукции, на 19% больше, чем за 2011 г., и экспортировано 17,04 тыс. т,



или около 60% произведенного. «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» обеспечивает титановой продукцией мировые авиастроительные компании Airbus (на 60%), Boeing (40%), Embraer (100%). ОАО «Соликамский магниевый завод» в 2012 г. экспортировало 819 т губчатого титана.

**Маркировка титановых сплавов.** Главной отраслью, широко применяющей титановые сплавы, является авиационная промышленность, разработка сплавов для которой ведется во Всероссийском институте авиационных материалов (ВИАМ). Большинство отечественных сплавов разработано именно в этом научном центре. Сплавы, разрабатываемые в ВИАМе, маркируются двумя заглавными буквами ВТ («ВИАМовский титан») с добавлением к буквенному индексу порядкового номера (по хронологии создания сплава). Два первых порядковых номера присвоены двум маркам технически чистого титана: ВТ1-00 (наиболее низкопрочный, но пластичный) и ВТ1-0. Далее следует целая серия наиболее широко применяемых сплавов: ВТ3-1, ВТ5, ВТ6, ВТ9, ВТ14, ВТ16 и т. п. Эти сплавы разрабатывались главным образом для самолетостроения и ракетной техники, где основным параметром являлась прочность до 350 – 500 °С и в некоторых случаях до 700 °С (естественно, в последнем случае долговечность сплава была ограниченной). Некоторые сплавы авиационного назначения композиции Ti – Al – Mn имеют маркировку с буквами ОТ («Опытный титан»), хотя сплавы давно стали серийными: ОТ4-0, ОТ4-1, ОТ4-3. Это листовые сплавы широкого диапазона прочности (700 – 1100 МПа) применяются для обшивки фюзеляжа самолетов и корпуса ракет (так же, как и сплавы ВТ6, ВТ14). В последнее время разработаны аналоги этих сплавов (по применению): ОТ4-1У, ОТ4-0У, ОТ4-2У (системы Ti-Al-V с добавкой 0,9% Fe).

Вторая группа сплавов маркируется буквами АТ («Академический титан») и разработана в Институте металлургии (ИМЕТ) АН СССР. Это экономно легированные сплавы (алюминием и комплексом малых добавок: Fe, Si, Cr и В). Сплавы отличаются по содержанию алюминия: цифра после буквенного обозначения показывает среднее содержание алюминия. Наибольшее распространение получили сплавы АТ3 и АТ6, которые выпускаются главным образом в тонких листах. Характерная их особенность – широкий диапазон прочности (в зависимости от содержания алюминия). Эти сплавы рекомендованы для разнообразного применения.

Третья группа сплавов маркируется двумя буквами ПТ с порядковым номером («Прометеевский титан») – создатель ЦНИИ КМ «Прометей»). Наиболее распространены сплавы ПТ1М, ПТ3В и ПТ7М. Эти сплавы конструкционного назначения отличаются широким диапазоном прочности (300 – 800 МПа), хорошей пластичностью и ударной вязкостью, хорошей свариваемостью (не тре-

буют отжига после сварки). Сплав ПТ1М – технически чистый титан, упрочненный 0,5% Al. Сплавы этой группы рекомендуются для широкого конструкционного применения в машиностроении (сварные конструкции) при 20 °С и повышенных (до 350 °С) температурах. Выпускаются в виде листов различных толщин, поковок (ПТ3В) и труб (ПТ1М, ПТ7М).

Промышленностью поставляются два коррозионноустойчивых сплава для химической промышленности: 4200 и 4201 и некоторые чисто ведомственные сплавы узкого применения, маркируемые, например, буквами ТС (сплав ТС5, применяемый для лопаток паровых турбин).

**Основные физико-механические свойства.** Титан существует в двух аллотропических модификациях, обозначаемых  $\alpha$ - и  $\beta$ -фазами. Температура аллотропического превращения для чистого титана определена достаточно точно и равна 882 °С.  $\alpha$ -модификация титана, устойчивая до 882 °С, имеет плотноупакованную гексагональную решетку (ГПУ); высокотемпературная  $\beta$ -модификация, устойчивая в чистом титане при температуре выше 882 °С, имеет объемноцентрированную кубическую решетку (ОЦК).

**Теплопроводность.** Поликристаллический титан имеет сравнительно низкую теплопроводность  $\lambda$ , которая колеблется в пределах от 22 Вт/(м °С) (для наиболее чистых от примесей марок) до 18,0 Вт/(м °С) (титан технической чистоты). В интервале температур от -70 до -90 °С, у технического чистого титана наблюдается максимум теплопроводности. С повышением температуры (до 450-500 °С) теплопроводность титана сначала снижается, а затем возрастает. В сплавах титана повышение температуры (более 20 °С) приводит к возрастанию теплопроводности. Изменение теплопроводности в зависимости от температуры, а также легирования титана связано с различным вкладом электронной и фононной теплопроводности. При повышенных температурах, а также при повышении легированности титана начинает преобладать фононная доля теплопроводности, чем и объясняется возрастание теплопроводности при повышении температуры.

**Магнитные свойства.** Титан относится к парамагнитным металлам, магнитная восприимчивость его, по данным различных авторов, при 20 °С  $3,2 \cdot 10^{-6}$  см<sup>3</sup>/г. [2,3,4].

**Плотность.** Плотность чистого титана, вычисленная по параметрам решетки при 20 °С и определенная пикнометрическими методами, составляет  $\rho = 4505 - 4507$  кг/м<sup>3</sup>. В присутствии кислорода плотность титана несколько повышается, у технического титана  $\rho = 4510$  кг/м<sup>3</sup>. С повышением температуры плотность титана снижается и при 870 °С составляет 4350 кг/м<sup>3</sup>.

**Модуль нормальной упругости.** Значительное различие в величине периода кристаллической решетки в разных направлениях определяет и зависимость упругих характеристик

титана при комнатной температуре от ориентировки кристаллов. Так, модуль нормальной упругости  $E$  титана в зависимости от ориентировки кристаллов изменяется от  $1,02 \cdot 10^{11}$  до  $1,45 \cdot 10^{11}$  Па.

Модуль сдвига чистого поликристаллического титана равен  $0,40 \cdot 10^{11}$  Па при  $E = 1,06 \cdot 10^{11}$  Па и соответственно коэффициент Пуассона  $0,34$ .

Машиностроители Зауралья имеют некоторый опыт работы с титаном и его сплавами. Так Курганский завод химического машиностроения изготовлял из титанового сплава ВТ6 маятниковые подвесные центрифуги ФМБ-633Т для витаминных производств (Уфимский витаминный завод и витаминный завод в г. Йошкар-Ола), по отдельным заказам изготовлял и изготавливает трубчатые теплообменники из титановых сплавов [5]. Некоторый опыт работы с титановыми сплавами имеет опытный завод по изготовлению медицинского оборудования РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова и машиностроительное предприятие «Сенсор».

В настоящее время в Курганском государственном университете на кафедре «Механика машин и основы проектирования» намечается начать работы по исследованию влияния холодной пластической деформации на физические и механические свойства титана и его сплавов. Работу планируется вести в содружестве с предприятием «Сенсор» и опытным заводом РНЦ «ВТО» им. Г.А. Илизарова.

#### Список литературы

- 1 Менделеев Д. И. Основы химии. СПб.: Типо-литография М. П. Фроловой, 1906.
- 2 Горынин И. В., Чечулин Б. Б. Титан в машиностроении. М.: Машиностроение, 1990. 400 с.
- 3 Томашов Н.Д. Титан и коррозионно-стойкие сплавы на его основе. М.: Металлургия, 1985. 81с.
- 4 Чечулин Б. Б. Циклическая и коррозионная прочность титановых сплавов. М.: Металлургия, 1987. 206 с.
- 5 Бубнов В. А. Маятниковые титановые центрифуги. Химическое и нефтяное машиностроение. 1992. №12. С.11-12.

УДК 621.86.065.4+531

**С.В. Марфицын, В.П. Марфицын**  
Курганский государственный университет

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМОВ ЧЕБЫШЕВА 1-ГО РОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ СОСТОЯНИЙ МЕТАЛЛА ПРИ ПОСТОЯННЫХ И ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ

**Аннотация.** Статья посвящена вопросу об энтропийных и восстановительных процессах в металле при его нагружении. Показана возможность применения полиномов Чебышева 1-го рода к сопротивлению материалов.

**Ключевые слова:** энтропийные процессы,

восстановительные процессы, устойчивое состояние металла, полиномы Чебышева.

**S.V. Marfitsyn, V.P. Marfitsyn**  
Kurgan State University

## THE USE OF CHEBYSHEV'S POLYNOMIALS OF THE FIRST TYPE FOR A DESCRIPTION OF THE STEADY-STATE CONDITIONS OF METAL UNDER CONSTANT AND VARIABLE LOADING

**Annotation.** The article is devoted to the entropy and regenerative processes in a metal under loading. It is shown the possibility of use of Chebyshev's polynomials of the first type to the strength of materials.

**Keywords:** entropy processes, regenerative processes, the steady-state condition of metal, the Chebyshev polynomials

Полиномы Чебышева 1-го рода являются линейно независимыми решениями дифференциального уравнения:

$$(1 - z^2) \frac{d^2 \omega}{dz^2} - z \frac{d\omega}{dz} + n^2 z = 0$$

Решением данного уравнения является:

$$T_n(z) = \cos(n \arccos z) = \frac{1}{2}[(z + i\sqrt{1-z^2})^n + (z - i\sqrt{1-z^2})^n],$$

где  $z = x_1 + ix_2$  – комплексная переменная.

С целью применения полиномов Чебышева 1-го рода в сопротивлении материалов используется вероятностная логика, то есть «логика исследующая высказывания, принимающая не только два значения истинности (истина или ложь), а множество степеней правдоподобия, то есть высказывания, истинное значение которых заключены между истиной и ложью» [3]. Универсальность такого вероятностного подхода состоит в том, что он, отвлекаясь от конкретных проявлений, тем не менее является действенным при установлении истинности явлений, отражает процессы, происходящие в металлах при их нагружении.

Полиномы Чебышева 1-го рода построены по принципу изменения аргумента  $X$  от нуля до единицы по законам вероятностной логики. За  $X$  принимаем относительное напряжение отношение

$$\frac{\sigma}{\sigma_T},$$

где  $\sigma$  – текущее напряжение;

$\sigma_T$  – напряжение предела текучести.

Применительно к сопротивлению материалов полиномы Чебышева выражают поведение ме-

талла при обычных условиях и условиях, приближенных к экстремальным. Таким как возможное появление трещин или, например, прочность при многоцикловых нагрузках [2].

Полиномы Чебышева показаны на рисунке 1 [2]. Из кривых, представленных на рисунке 1 видно, что у них, как и в металле при нагружении происходит чередование энтропийных и восстановительных процессов. Причем восстановительные процессы возникают одновременно с энтропийными и когда они по знаку противоположны (+) или (-), а по величине равны, то происходит устойчивое состояние в металле. Знак (-) характеризует восстановительные процессы, знак (+) – энтропийные.

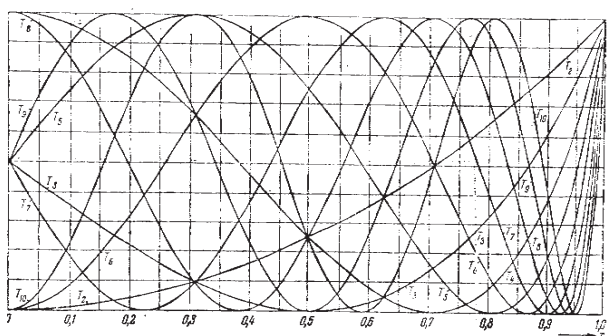


Рисунок 1 – Полиномы Чебышева

В промежутках от 0 до 1 в металле происходят как энтропийные, так и восстановительные процессы. По оси ординат откладываем предельное вероятностное состояние металла. «В металлах еще до начала микропластической деформации (на упругом участке кривой напряжение-деформация) возможны неупругие явления такие как:

- а) движение дислокаций;
- б) движение точечных дефектов;
- в) перемещение атомов в области границ зерен и т.д.

Эти явления, сопровождающиеся местными пластическими деформациями, наблюдаются при низких напряжениях, а также имеют важное практическое значение» [3]. Особенно при реализации второй стадии ползучести, когда «при постоянном напряжении и температуре в каком-то интервале времени пластические деформации на второй стадии ползучести аппроксимируются в виде прямой линии» [10]. С первых мгновений нагрузки в металле кристаллической решетки возникают упругие волны – фононы, которые распространяются в металле со скоростью звука с частотой которая возрастает с увеличением нагрузки [5]. Полиномы Чебышева подтверждают минимальные напряжения начала образования трещин равное  $0,2398 \sigma_T$  [6], описанное кривой.

Атомный механизм зарождения трещин качественно одинаков при хрупком и вязком разрушении. Считается, что микротрещины в момент зарождения имеют длину  $\approx 10^{-4}$  мм [2]. Это является минимальным напряжением образования трещин

и близко к значению  $\sigma/\sigma_T = 0,2314$ . Это энтропийный вклад в реальный энергетический минимум [1]. «С другой стороны темным лесом остается предел выносливости при симметричном цикле  $\sigma_{-1}$ . Есть догадки, что это предел пропорциональности, но никто не отважился об этом сказать прямо». Ответ на этот вопрос дают полиномы Чебышева 1-го рода (кривая  $T_9$ ). Кривая  $T_9$  Чебышева 1-го рода

имеет минимум при значении  $\sigma/\sigma_T = 0,5$ , то есть это наиболее благоприятное значение, соответствующее максимуму восстановительных свойств материала. Поэтому мы считаем, что значение допускаемого напряжения в американском стандарте ASME, равное  $2/3 \sigma_T$  не соответствует условию безопасности устьевого оборудования при циклическом нагружении участка скважины для добычи нефти и газа. Это подтверждает авария нефтяной скважины в Карибском море в 2010 году.

«Проблема так же в том, что даже самый высокопрочный материал обладает так называемой усталостью. Это значит, что при длительном воздействии колоссально пластического давления, усугубленного гидродинамическими ударами, как от работы перекрывающей заслонки, так и от турбинных «срывов» самого нефтяного потока, материал, обладающий даже самыми высокими прочностными характеристиками «устаёт» [7], а  $[\sigma] = 2/3 \sigma_T$  не учитывает колебательную нагрузку в металле.

В документах Российской Федерации по вопросу многоциклового усталости это учтено. Предельное напряжение усталости в документе РД 50-694-90 принято равным  $0,5 \sigma_T$  (Кривая  $T_9$ ) [8].

Особенно важный вывод позволяют сделать полиномы Чебышева в области определения предела текучести сталей. «Само понятие предела текучести является противоречивым. Существуют пределы текучести  $\sigma_{0,2}$  и  $\sigma_{0,05}$ . Какой принять за расчетный? Между тем в металлах происходят жестко связанные соотношения между упругими и пластическими деформациями, связанные общими и глубокими закономерностями, опирающимися на вероятностные соотношения Л. Больцмана» [4]. Последнее устойчивое состояние металла находится в точке 0,82.

По закону Гука  $\epsilon = E \epsilon$ , где

$\epsilon$  – относительное удлинение;

$E$  – модуль упругости 1-го рода.

Отсюда  $\epsilon = \sigma / E$ .

В начале неупругости  $\epsilon_1 = \sigma_{0,2} / E$

В конце  $\epsilon_2 = \sigma_{ост} / E$

«Интересно знать, что представляет собой  $\sigma_H$  ( $\epsilon_1 = \sigma_{остE} = 0,7686$ ). Очевидно она должна отражать момент начала необратимых физических процессов» [9].

$\sigma_T = 1,301 \sigma_H$ , отсюда  $\sigma_H = \frac{\sigma_T}{1,301} = 0,7686$

Поскольку  $\sigma_T = 1$  по полинам Чебышева 1-го



рода, то  $\sigma_H = \frac{1}{1,301} = 0,7686$

$$\frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} = \frac{\sigma_{ост}E}{\sigma_{ост}E} = \frac{0,82}{0,7686} = 1,06687$$

Отношение. Если принять за единицу точку с которой начинается остаточная деформация, то 0,0667 будет остаточная деформация перед переходом в неустойчивое состояние. Поэтому за предел текучести предпочтительно принимать напряжение с некоторым запасом по относительному удлинению, а именно 0,05.

В работе [9] показано, что неупругие проявления начинаются при  $\sigma = 0,7686\sigma_T$ , а заканчиваются при  $\sigma = 0,82\sigma_T$ , что согласуется с полиномами Чебышева, описанными кривой. В этой точке восстановительные и энтропийные процессы уравниваются. Вероятность энтропийных процессов равна (+1), а восстановительных (-1). Покажем это аналитически:

$$\begin{aligned} T_{5(x)} &= 16X^2 - 20X^3 + 5X; \\ T_{5(0,82)} &= 16 \cdot 0,82^5 - 20 \cdot 0,82^3 + 5 \cdot 0,82; \\ T_{5(0,82)} &= 5,93186 - 11,027 + 4,1; \\ T_{5(0,82)} &= 10,318 - 11,027 = -0,9904 \approx -1; \end{aligned}$$

В свою очередь в этой точке  $T_{10(0,82)} = +1$ .

Одна из кривых Чебышева в процессе нагружения металла находится постоянно в восстановительной зоне. Это кривая  $T_{3(x)}$ . Ее назначение в постоянном противодействии энтропийным процессам. Затем она выходит из нее в энтропийную зону при значении  $T_{3(x)} = 0$ . Определим относительное напряжение X, при этом

$$T_{3(x)} = 4X^3 - 3X = 0; X = 0,865.$$

То есть 0,865 это относительное напряжение, при котором восстановительным процессам ничто не противодействует и это значение можно также считать в какой-то мере началом текучести. То есть, когда способность с остатками упругой сопротивляемости свелась к нулю. Начинаются пластические деформации. При этом

$$\varepsilon = \frac{0,865}{0,7686} = 1,07338.$$

И еще одно соображение по вопросу определения предела текучести: кривая  $T_9$  (рисунок 2) принимает значение (-1), то есть максимальное значение восстановительной вероятности при относительном напряжении 0,94. Отсюда  $0,94/0,7686$  равно 1,2230. Поэтому  $1,223 - 1 = 0,223$ , то есть имеет место значение предела текучести  $\sigma_{0,22}$  или  $\sigma_{0,2}$  как принято в справочниках сталей.

Физический смысл предела текучести состоит в том, что при значении полиномов Чебышева 1-го рода равном 0,94 наиболее преобладают восстановительные процессы. При этом значении нагрузки все упомянутые выше процессы упорядочиваются и приходят к единому согласованному движению, сливаются в единый поток. Таким об-

разом, определение предела текучести зависит от того, что взять за критерий: последнее устойчивое состояние металла когда относительное напряжение равно 0,82 или когда восстановительные процессы максимальны, а энтропийное противодействие незначительно.

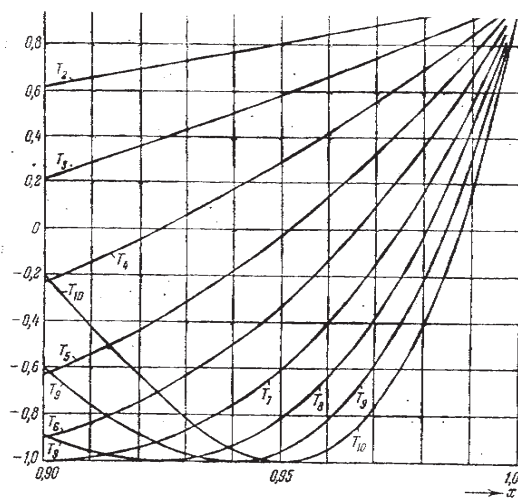


Рисунок 2 – Определение предела текучести

Вывод: применение полиномов Чебышева 1-го рода позволяет описать объективные закономерности материального мира. Результаты применение полиномов Чебышева 1-го рода к сопротивлению материалов согласуются документами по стандартизации Российской Федерации.

#### Список литературы

- 1 Марфицын В. П., Коротовских В. К. Энтропийные и восстановительные процессы в металле в условиях реального энергетического минимума // Вестник Курганского государственного университета. Серия технические науки. Вып. 1. 2005. №4. С.90.
- 2 Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. М.: Физматгиз, 1977. С 142.
- 3 Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. 2- изд., исп. и доп. М.: Наука 1975. С. 82.
- 4 Золоторевский В. С. Механические свойства металлов. М.: Металлургия, 1983, С. 40, 43.
- 5 Брандт Н. Б., Чудинов С. М. Электроны и фононы в металлах. М.: Издательство Московского университета. 1990. С. 203.
- 6 Марфицын С. В., Марфицын В. П. О мерах, препятствующих появлению трещин в фонтанной арматуре. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2013. С. 90.
- 7 Фридрихсон А., Катыкина М. Не ворошите земное нутро // Наука и жизнь. 2010. № 10. С.54.
- 8 Методические указания «Надежность в технике. Вероятностный метод расчета на усталость сварных конструкций. РД 50-694-90. Государственный комитет по стандартам СССР по управлению качеством продукции и стандартов. М., 1991. С. 3.
- 9 Макаров В. И., Марфицын А. В., Марфицын С. В. и др. Использование энтропийной вероятностной зависимости при рассмотрении некоторых констант материалов. ВИНТИ РАН № 2303-В97. С. 4.
- 10 К вопросу вероятностной оценки ресурса сосудов под давлением и арматуры с использованием энтропийно-энергетических критериев / В. И. Макаров, В. П. Марфицын, А. В. Марфицын, С. В. Марфицын. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 1996. 7 с.

А.Б. Переладов, И.П. Камкин  
Курганский государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗНОШЕННОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

**Аннотация.** В статье описаны исследования формы рабочей поверхности изношенного шлифовального круга прямого профиля при плоском шлифовании с поперечной подачей. Приводится методика исследований, полученные геометрическая и математическая модели рабочей поверхности предельно изношенного круга, сформулированы выводы.

**Ключевые слова:** шлифовальный круг, плоское шлифование, износ, рабочая поверхность, математическая модель.

A.B. Pereladov, I.P. Kamkin  
Kurgan State University

## MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE WORKING SURFACE SHAPE OF THE SHOPWORN GRINDING WHEEL

**Annotation.** The article describes an investigation of the shopworn grinding wheel working surface shape of a straight section with flat grinding with a cross feed. The research methodology and the geometrical and mathematical models of the completely shopworn grinding wheel are mentioned and inference is deduced.

**Keywords:** grinding wheel, flat grinding, excessive wear, functional surface, mathematical model.

### Введение

Процесс шлифования является нестационарным процессом обработки, параметры которого испытывают значительные изменения в течение периода стойкости, в том числе, вследствие износа и изменения формы рабочей поверхности абразивного инструмента. Динамика изменения данного фактора и достигаемые предельные значения, зачастую, не учитываются при проектировании операций шлифования и определении показателей и результатов обработки деталей. Во многих случаях, шлифование осуществляется в установившемся режиме (например, в режиме самозатачивания), что предполагает установившуюся форму рабочей поверхности инструмента, отличную от первоначальной, полученной при правке, и ста-

бильные режимы шлифования [1; 2]. Эти сведения об инструменте, безусловно, необходимы для использования в расчетных математических моделях процесса обработки, например при определении параметра контакта инструмента с заготовкой [3]. Поэтому, исследование формы рабочей поверхности (РП) шлифовального круга (ШК) в процессе работы и математическое описание предельных ее состояний является актуальной задачей.

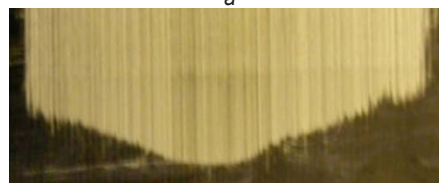
### Методика и ход проведения физического эксперимента

Изменение формы РП в процессе работы ШК, определение предельного ее состояния в процессе изнашивания изучалось в ходе ранее проведенного лабораторного физического эксперимента [4]. Эксперимент проводился на станке модели 3Е711ВФ3 по схеме плоского многоходового шлифования заготовки периферией круга с поперечной подачей. Типоразмер ШК: 1 250x20x76. Шлифуемый образец – закаленная сталь. Режимы шлифования: скорость круга  $V_{кр} = 36,6$  м/с, продольная подача  $S_{прод} = 0,15$  м/с, поперечная подача  $S_{поп} = 2$  мм/ход, глубина шлифования  $t = 0,04$  мм.

Эксперимент осуществлялся в следующем порядке. На шпиндель плоскошлифовального станка устанавливался ШК. РП правилась алмазным карандашом. Шлифуемый образец закреплялся на рабочем столе станка посредством магнитной плиты и подвергался обработке с вышеуказанным режимом. Шлифование продолжалось до получения стабильной формы профиля РПШК, который периодически фиксировался на специально подготовленном образце с зачерненной поверхностью врезанием круга в поверхность образца посредством продольной подачи параллельно его поверхности с глубиной несколько большей глубины шлифования в эксперименте. Фотографирование образцов со следами профиля РП осуществлялось цифровой камерой с разрешением матрицы 16 мегапикселей с 4-кратным оптическим увеличением. Полученное изображение следа профиля РПШК, имеющей предельный износ, приведено на рисунке 1б.



а



б

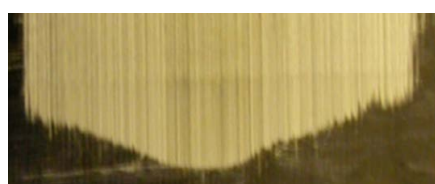
Рисунок 1 – Зафиксированные изображения следов профиля РПШК с различной степенью износа (вид на заготовку со стороны оси вращения ШК): а) неизношенная РП ШК после правки; б) РП ШК после 160 поперечных ходов

Стабилизация изменения формы профиля РП наступила после 160 поперечных ходов (рисунок 1б) рабочего стола станка в каждом направлении. Очевидно, что такая форма профиля является энергетически оптимальной, для данных условий шлифования и поддерживается равновесием пространственно-силовых показателей диссипативной системы ШК – заготовка, рассеивающей энергию процесса, подведенную приводами станка, что согласуется с теорией естественного износа В. В. Шульца [1]. После 160 поперечных ходов рабочего стола станка РП ШК изнашивалась в радиальном направлении эквидистантно достигнутой форме.

### Анализ и аппроксимация профиля изношенного РП

Анализ изображения следа профиля позволил выявить и представить в виде геометрической и математической моделей характерную форму изношенной РП, соответствующую максимальному износу ШК после 160 поперечных ходов (рисунок 2). Анализ осуществлялся следующим образом.

Сфотографированное изображение следа профиля изношенной РП ШК (рисунок 2а) предварительно обрабатывалось в свободном фоторедакторе Gimp версии 2.8.2. С помощью инструмента «Порог» была проведена бинаризация изображения, т.е. все пиксели у которых значения интенсивности цвета в градациях серого больше 135 были заменены на пиксели белого цвета, а остальные пиксели – на пиксели черного цвета. Для выделения контура следа РП ШК в изображении был применен фильтр Лапласа. Вертикальные боковые границы следа РП ШК на изображении были удалены и не учитывались при аппроксимации формы профиля. Выделенный профиль следа РП ШК после обработки в фоторедакторе представлен на рисунке 2б, цвета в изображении инвертированы.



а



б

Рисунок 2 – След профиля (а) и выделенная граница следа профиля предельно изношенной РП ШК (б)

После этого написанной на языке C# программой были выделены координаты пикселей черно-

го цвета, и проведен пересчет координат в миллиметры по известной высоте круга. Всего было получено 1050 значений координат пикселей, описывающих границу следа РП ШК.

Анализ полученных экспериментом данных проводился в пакете STATISTICA 10. С помощью инструмента «Nonlinearestimation» была проведена аппроксимация формы следа профиля изношенного круга. Этот инструмент позволил провести параметрическую аппроксимацию по заданному пользователем виду зависимости. При аппроксимации формы следа профиля РП ШК были использованы три гипотезы ее соответствия видам математических зависимостей: полиномиальный, синусоида, Гаусса. Виды зависимостей с параметрами оценки кривых представлены следующими формулами:

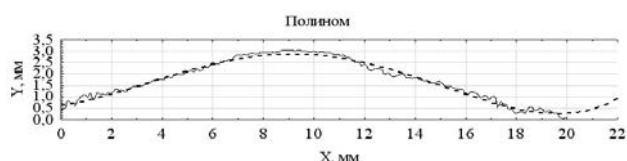
$$y = Kp_0 + Kp_1 \cdot x + Kp_2 \cdot x^2 + Kp_3 \cdot x^3 + Kp_4 \cdot x^4 ; (1)$$

$$y = Ks_0 \cdot \sin(Ks_1 \cdot \pi \cdot x + Ks_2 \cdot \pi) + Ks_3 ; (2)$$

$$y = \frac{1}{Kn_0 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-Kn_1)^2}{2 \cdot Kn_0^2}} , (3)$$

где  $x, y$  – координаты кривой, ограничивающей профиль, полученный при врезании РП ШК в заготовку;  $Kp_0, Kp_1, Kp_2, Kp_3, Kp_4, Ks_0, Ks_1, Ks_2, Ks_3, Kn_0, Kn_1$  – оцениваемые коэффициенты зависимостей;  $\pi, e$  – математические константы.

Оценка погрешности гипотез проводилась методом наименьших квадратов с использованием алгоритма Левенберга — Марквардта. Графики зависимостей (сплошная линия – экспериментальные данные, прерывистая линия – аппроксимирующая зависимость), значения коэффициентов и определенная суммарная ошибка приведены на рисунках 3-5. Текст под рисунками – вывод инструмента «Nonlinearestimation».



Model is: Var2=X0+X1\*Var1+X2\*Var1\*\*2+X3\*Var1\*\*3+X4\*Var1\*\*4

y=(,639)+(,134)\*x+(,069)\*x\*\*2+(-,0083)\*x\*\*3+(,223E-3)\*x\*\*4

Dependent variable: Var2 Independent variables: 1

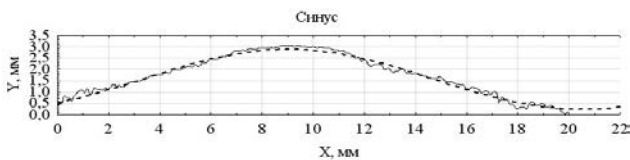
Loss function: least squares

Final value: 15,5

Proportion of variance accounted for: ,981 R =,990

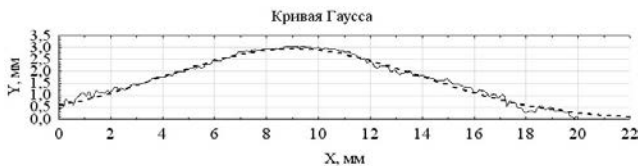
Рисунок 3 – Аппроксимация следа сечения профиля РП ШК полиномом





Model is:  $Var2=X1*\sin(X2*Pi*Var1 + Pi*X3)+X4$   
 $y=(1,32)*\sin((,087)*pi*x+pi*(-,284)+(1,56)$   
 Dependent variable: Var2 Independent variables: 1  
 Loss function: least squares  
 Final value: 14,60  
 Proportion of variance accounted for: ,982 R = ,991

Рисунок 4 – Аппроксимация следа сечения профиля РП ШК синусоидой



Model is:  $Var2=X1*Normal(Var1;X2;X3)$   
 $y=(36,72)*normal(x;9;4,99)$   
 Dependent variable: Var2 Independent variables: 1  
 Loss function: least squares  
 Final value: 12,81  
 Proportion of variance accounted for: ,984 R = ,992

Рисунок 5 – Аппроксимация следа сечения профиля РП ШК кривой Гаусса

Из исследованных гипотез описания профиля следа РП ШК наименьшую погрешность имеет кривая Гаусса (leastsquares 12,81).

Расчет действительных координат точек профиля РП ШК  $Y_{рп}$ , с использованием результатов аппроксимации, выполняется по формуле:

$$Y_{рп} = \frac{Y^2}{D_{кр}}, \quad [мм] \quad (4)$$

где  $D_{кр}$  – диаметр ШК.

#### Обсуждение результатов

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- осуществлена оцифровка следа профиля РП изношенного ШК прямого профиля, полученного в ходе проведенного физического эксперимента по исследованию геометрического износа РП при плоском шлифовании периферией круга с осевой подачей;

- осуществлена аппроксимация формы следа РП изношенного ШК с использованием программных средств регрессионного анализа по трем выбранным гипотезам математического описания формы исследуемого следа;

- оценка погрешности гипотез математического описания формы следа РП выполнялась методом наименьших квадратов с использованием алгоритма Левенберга — Марквардта, которая

позволила принять в качестве наиболее точной кривую Гаусса;

- предложена формула для расчета действительных координат точек изношенного профиля РП ШК.

#### Список литературы

- 1 Шульц В. В. Форма естественного износа деталей машин и инструмента. Л. : Машиностроение, 1990. 208 с.
- 2 Салов П. М. Повышение эффективности заточки, круглого и плоского шлифования с продольной подачей : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Самара, 1998. 32 с.
- 3 Переладов А. Б., Кожевников И. В. Изучение геометрических параметров поверхности контакта шлифовального круга с заготовкой для схем круглого и плоского шлифования // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». Вып. 2. Курган : Изд-во Курганского гос. ун-та, 2005. С 79-81.
- 4 Переладов А. Б., Камкин И. П., Анохин А. В. Экспериментальное изучение износа рабочей поверхности шлифовального круга // Известия высших учебных заведений. «Машиностроение» № 11. М. : Изд-во МГТУ им. Баумана, 2013. С. 70-74.

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 631.362.322

*И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов,  
И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов  
Курганская государственная  
сельскохозяйственная академия  
им. Т.С. Мальцева*

## РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ

**Аннотация.** Показано, что часть зернового вороха условно может считаться неподвижной относительно решетного стана и вносить вклад в инерционную нагрузку. С учетом инертности зернового вороха произведен расчет реактивной мощности, развиваемой приводом решетной зерноочистительной машины.

**Ключевые слова:** решетный стан, колебания, реактивная мощность, привод.

*I.P. Popov, V.G. Chumakov, S.S. Rodionov,  
I.V. Shevtsov, S.S. Nizavitin, V.V. Mikhailov  
Kurgan State Agricultural Academy  
by T.S. Maltsev*

## SIEVE GRAIN CLEANER REACTIVE POWER

**Annotation.** It has been shown that a part of grain heap conditionally can be considered the static with respect to the sieve boot and can contribute to the inertial load. Taking into account the inertia of grain heap it is calculated the reactive power developed with a sieve grain cleaner drive.

**Keywords:** sieve boot, vibrations, reactive power, drive.

Введение

Для решения вопросов, связанных с повышением энергоэффективности решетных зерноочистительных машин необходимо учитывать все составляющие их мощности, включая реактивную. При этом следует принимать во внимание влияние на реактивную мощность массы зернового вороха.

### 1 Учет инертности зернового вороха

Для зернового вороха можно условно определить два предельных состояния [1; 2].

Первому предельному состоянию соответствует максимальная частота колебаний  $\omega_a$ , при которой ворох остается неподвижным относи-

тельно решетного стана за счет статической силы трения. При этом он совершает колебания относительно корпуса машины с теми же частотой и амплитудой, что и решетный стан. Вся масса вороха ( $m_z$ , кг) наряду с массой решетного стана определяет развиваемую приводом реактивную мощность.

Второму предельному состоянию зернового вороха соответствует минимальная частота

$\omega_z$ , при которой ворох остается неподвижным относительно корпуса машины благодаря инерции. При этом он совершает колебания относительно решетного стана с теми же частотой и амплитудой. Вся масса вороха влияет на развиваемую приводом диссипативную мощность. Очевидно, что  $\omega_a < \omega_z$ .

При частоте  $\omega_a < \omega < \omega_z$   $k_v$ -я ( $k_v < 1$ ) часть вороха условно может считаться неподвижной относительно решетного стана, а оставшаяся  $(1 - k_v)$ -я часть – подвижной. Значение  $k_v$  можно определить опытным путем.

Суммарная масса системы, совершающей колебания, равна

$$m_v = m + k_v m_z. \quad (1)$$

### 2 Реактивная мощность для одного решетного стана

В связи с тем, что амплитуда колебаний решетного стана несоизмеримо меньше длины шагуна, можно считать, что колебания происходят по гармоническому закону

$$x = l \sin \omega t,$$

где  $x$  – координата решетного стана, м.;  $l$  – амплитуда колебаний, м.;  $\omega$  – циклическая частота колебаний, рад/с. [3–12].

Скорость решетного стана равна

$$v = \dot{x} = l\omega \cos \omega t.$$

Выражение для инерционной силы, обусловленной массой системы, совершающей колебания ( $m_v$ , кг), имеет вид:

$$f = m_v \ddot{x} = -l m_v \omega^2 \sin \omega t.$$

Реактивная мощность, обусловленная массой одного решетного стана с зерновым ворохом, определяется выражением

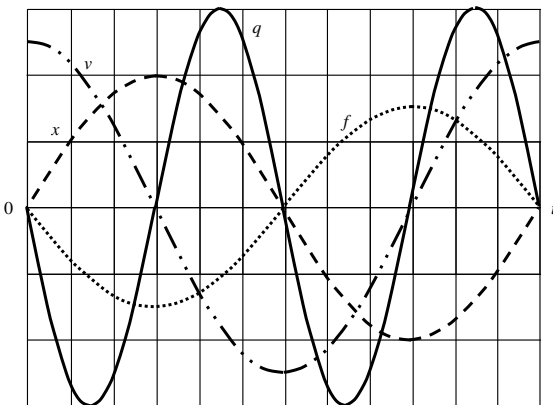
$$l = fv = -l^2 m_v \omega^3 \sin \omega t \cos \omega t = -\frac{l^2 m_v \omega^3}{2} \sin 2\omega t \quad (2)$$

Часть этой мощности, а именно:

$$q_z = -\frac{l^2 k_v m_z \omega^3}{2} \sin 2\omega t$$

расходуется на колебания зернового вороха.

На рисунке 1 представлены графики перемещения, скорости, инерционной силы и реактивной мощности.



x — координата решётчатого стана, v — скорость решётчатого стана, f — сила, действующая на решётчатый стан, q — сообщаемая решётчатому стану мощность, t — время  
Рисунок 1 — Инерционная нагрузка

**Пример.** Пусть  $l = 7,5 \cdot 10^{-3}$  м;  $m = 80$  кг;

$m_z = 40$  кг;  $k_v = 0,3$ ;  $n = 8$  Hz ( $\omega = 2\pi n$ ).

Эти данные позволяют рассчитать мощность машины.

Амплитуда реактивной мощности машины с учетом (2) и (1) равна

$$Q = \frac{l^2 (m + k_v m_z) \omega^3}{2} = \frac{(7,5)^2 10^{-6} (80 + 0,3 \cdot 40) 2^3 \pi^3 8^3}{2} \approx 328 \text{ Вт}$$

При этом на зерновой ворох приходится

$$Q_z = \frac{l^2 k_v m_z \omega^3}{2} = \frac{(7,5)^2 10^{-6} 0,3 \cdot 40 2^3 \pi^3 8^3}{2} \approx 43 \text{ Вт}$$

### Вывод

Таким образом, на зерновой ворох приходится более 13% реактивной мощности решётчатой зерноочистительной машины.

### Список литературы

1 Попов И. П. Суперпозиция граничных состояний макрообъектов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2015. № 2. С. 43-47.

2 Попов И. П. Моделирование состояния объекта в виде суперпозиции состояний // Прикладная математика и вопросы управления. 2015. № 2. С. 18-27.

3 Попов И. П., Чумаков В. Г., Терентьев А. Д. Редукция мощности привода решётчатых сортировальных машин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2015. № 2(219). С. 175-181.

4 Попов И. П., Чумаков В. Г., Попов Д. П., Чикун А. В., Баитов С. Г. Решётчатый стан зерноочистительной машины // Сельский механизатор. 2015. № 4. С. 8, 9.

5 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Попов Д. П.

Результаты исследований энергопотребления решётчатой зерноочистительной машины // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 1 (17). С. 67-70.

6 Попов И. П., Чумаков В. Г., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Комплексная мощность решётчатых зерноочистительных машин // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 71. С. 130-134.

7 Попов И. П., Чумаков В. Г., Чикун А. В. Самонейтрализация механических инертных реактансов основной гармоники в решётчатых станах // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4(28). С. 170-174.

8 Попов И. П. Свободные механические гармонические колебания, обусловленные преобразованием кинетической энергии в кинетическую // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2013. Вып. 6. № 3(30). С. 76, 77.

9 Попов И. П. Свободные механические гармонические колебания в системах с кривошипно-кулисным механизмом // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. 2012. Вып. 7. №2(24). С. 14-16.

10 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Инерционная, диссипативная и полная мощности решётчатой зерноочистительной машины // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. 2015. № 3(37). С. 11-13.

11 Попов И. П., Попов Д. П., Кубарева С. Ю. Об одном способе нейтрализации реакции массивных деталей и узлов на внешние периодические воздействия // Вестник Курганской ГСХА. 2012. № 2 (2). С. 60-62.

12 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Инерционно-гравитационная мощность решётчатой зерноочистительной машины // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. 2015. № 3(37). С. 37, 38.

УДК 631.362.322

**И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов, И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов**  
Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева

## ДИССИПАТИВНАЯ МОЩНОСТЬ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ ПОТЕРЯМИ В ЗЕРНОВОМ ВОРОХЕ ПРИ РЕШЕТНОЙ СЕПАРАЦИИ

**Аннотация.** Показано, что в рабочем режиме часть зернового вороха условно может считаться подвижной относительно решётчатого стана и обеспечивать значительную часть диссипативной нагрузки. С учетом подвижности вороха произведен расчет диссипативной мощности, развиваемой приводом зерноочистительной машины и рассеиваемой в ворохе.

**Ключевые слова:** решётчатый стан, колебания, диссипативная мощность, привод.



## DISSIPATION POWER CAUSED LOSSES IN GRAIN HEAP SIEVE IN SEPARATION

**Annotation.** It is shown that in the operating mode of the grain heap conditionally can be considered relatively movable sieve pan and provide a significant portion of the dissipative load. Given the mobility of the heap calculated the dissipative power developed drive grain cleaning machines and dissipated in the heap.

**Keywords:** sieve pan, vibrations, power dissipation, drive.

### Введение

Зерновой ворох в решетной зерноочистительной машине теоретически имеет два предельных состояния [1; 2]. Первому предельному состоянию соответствует максимальная частота колебаний, при которой ворох остается неподвижным относительно решетного стана за счет статической силы трения, а второму – минимальная частота, при которой ворох остается неподвижным относительно корпуса машины благодаря инерции. В рабочем режиме, частота которого находится в промежутке между частотами, соответствующими двум предельным состояниям,  $k_v$ -я часть зернового вороха условно может считаться неподвижной относительно решетного стана и вносить вклад в инерционную нагрузку, а оставшаяся  $(1 - k_v)$ -я часть – подвижной и обеспечивать значительную часть диссипативной нагрузки.

Целью работы является установление диссипативной мощности, обусловленной потерями в зерновом ворохе.

### Диссипативная мощность для одного решетного стана

Масса зернового вороха  $m_z$ , кг неподвижного относительно корпуса машины равна

$$(1 - k_v)m_z.$$

Сила давления этой части вороха на решета

$$N = (1 - k_v)m_z g,$$

где  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Сила трения

$$F = kN \left( -\frac{\mathbf{v}}{v} \right) = k(1 - k_v)m_z g \left( -\frac{\mathbf{v}}{v} \right),$$

где  $k$  – динамический коэффициент трения, который определяется опытным путем,  $v$  – ско-

рость решетного стана, м/с. Сила трения направлена противоположно скорости.

При гармонических колебаниях координата решетного стана равна

$$x = l \sin \omega t,$$

где  $l$  – амплитуда колебаний, м.;  $\omega$  – циклическая частота колебаний, рад/с. [3–12].

Скорость решетного стана находится как

$$v = \dot{x} = l\omega \cos \omega t.$$

Диссипативная мощность, рассеиваемая в зерновом ворохе, определяется выражением

$$p_z = -\mathbf{F} \cdot \mathbf{v} = -k(1 - k_v)m_z g \left( -\frac{\mathbf{v}}{v} \right) \cdot \mathbf{v} = k(1 - k_v)m_z g l \omega |\cos \omega t|.$$

Диссипативная энергия, рассеиваемая в зерновом ворохе за полупериод колебаний, равна

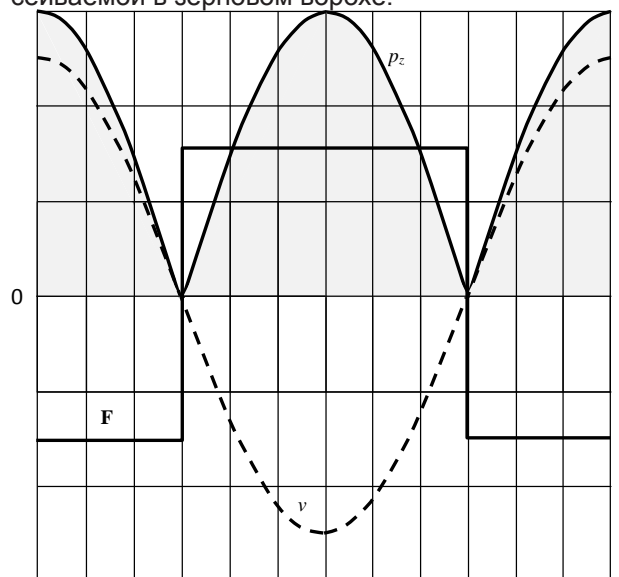
$$A_\pi = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} p_z dt = k(1 - k_v)m_z l \omega g \int_{-\pi/2}^{\pi/2} |\cos \omega t| dt = k(1 - k_v)m_z l \omega g \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \sin \omega t \Big|_{-\pi/2}^{\pi/2} = 2k(1 - k_v)m_z l \omega g.$$

Среднее значение диссипативной мощности, рассеиваемой в зерновом ворохе, может быть найдено как

$$P_z = 2nA_\pi = 4nk(1 - k_v)m_z g l,$$

где  $n$ , Hz – частота колебаний, при этом  $\omega = 2\pi n$ .

На рисунке 1 представлены графики скорости, силы трения и диссипативной мощности, рассеиваемой в зерновом ворохе.



$v$  – скорость решетного стана,  $F$  – сила трения,  $p_z$  – диссипативная мощность,  $t$  – время

Рисунок 1 – Диссипативная нагрузка

Площадь, ограниченная кривой мощности и осью абсцисс, (затененная область) равна диссипативной энергии – теплу, выделяемому в зерновом ворохе.

**Пример.** Пусть  $l = 7,5 \cdot 10^{-3}$  м;  $m_z = 40$  кг;  
 $k_v = 0,3$ ;  $n = 8$  Hz;  $k = 0,6$ .

Диссипативная мощность, рассеиваемая в зерновом ворохе, равна

$$P_z = 4nk(1 - k_v)m_zgl = 4 \cdot 8 \cdot 0,6(1 - 0,3)40 \cdot 9,8 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} \approx 40 \text{ Вт}$$

### Вывод

Учет подвижной относительно решетного стана части зернового вороха позволяет выполнить расчет диссипативной мощности, развиваемой приводом зерноочистительной машины и рассеиваемой в ворохе.

#### Список литературы

- 1 Попов И. П. Суперпозиция граничных состояний макрообъектов // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2015. № 2. С. 43-47.
- 2 Попов И. П. Моделирование состояния объекта в виде суперпозиции состояний // Прикладная математика и вопросы управления. 2015. № 2. С. 18-27.
- 3 Попов И. П., Чумаков В. Г., Терентьев А. Д. Редукция мощности привода решетных сортировальных машин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2015. № 2(219). С. 175-181.
- 4 Попов И. П., Чумаков В. Г., Попов Д. П., Чикун А. В., Баитов С. Г. Решетный стан зерноочистительной машины // Сельский механизатор. 2015. № 4. С. 8, 9.
- 5 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Попов Д. П. Результаты исследований энергопотребления решетной зерноочистительной машины // Вестник Курганской ГСХА. 2016. № 1 (17). С. 67-70.
- 6 Попов И. П., Чумаков В. Г., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Комплексная мощность решетных зерноочистительных машин // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Вып. 1. С. 130-134.
- 7 Попов И. П., Чумаков В. Г., Чикун А. В. Самонейтрализация механических инертных реактансов основной гармоники в решетных станах // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4(28). С. 170-174.
- 8 Попов И. П. Свободные механические гармонические колебания, обусловленные преобразованием кинетической энергии в кинетическую // Вестник Курганского государственного университета. Естественные науки. 2013. Вып. 6. № 3(30). С. 76, 77.
- 9 Попов И. П. Свободные механические гармонические колебания в системах с кривошипно-кулисными механизмами // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. 2012. Вып. 7. №2(24). С. 14-16.
- 10 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Инерционная, диссипативная и полная мощности решетной зерноочистительной машины // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. 2015. № 3(37). С. 11-13.
- 11 Попов И. П., Попов Д. П., Кубарева С. Ю. Об одном способе нейтрализации реакции массивных деталей и узлов на внешние периодические воздействия // Вестник Курганской ГСХА. 2012. № 2 (2). С. 60-62.
- 12 Попов И. П., Чумаков В. Г., Родионов С. С., Шевцов И. В., Терентьев А. Д., Низавитин С. С. Инерционно-гравитационная мощность решетной зерноочистительной машины // Вестник Курганского государственного университета. Технические науки. Вып. 10. 2015. № 3(37). С. 37, 38.

# ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

УДК 004.225

**А.П. Головки**  
*Курганский государственный университет*

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СМЫСЛА ТЕКСТА НА ПРИМЕРЕ ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ

**Аннотация.** В статье обсуждается проблема распознавания смысла текстов на естественном языке. Конкретная задача – извлечение необходимой информации из сообщений об инцидентах, повлекших случаи производственного травматизма в сельском хозяйстве. Приводятся сведения о семантической модели данной предметной области и связанной с ней моделью синтаксиса русского языка.

**Ключевые слова:** распознавание смысла, семантическое моделирование.

**A.P. Golovko**  
*Kurgan State University*

## THE AUTOMATIC MEANING RECOGNITION OF NATURAL LANGUAGE TEXTS IN THE CONTEXT OF THE INDUSTRIAL ACCIDENTS REPORTS

**Annotation.** In the article, the problem of the automatic meaning recognition of natural language texts is discussed. Namely the extracting of necessary information from reports about industrial accidents in agriculture is considered. The article considers the information about the semantic model of this subject domain (industrial accidents) and corresponded Russian language syntax model.

**Keywords:** meaning recognition, semantic modelling.

### 1 Постановка задачи

#### 1.1 Проблема

Задача распознавания смысла текста на естественном языке в настоящее время стоит остро, ведется большое количество исследований на эту тему. Разработка средств машинного понимания таких текстов по произвольной тематике на уровне, сопоставимом с человеческим, в настоящее время не представляется возможным. Поэтому актуальной является задача разработки средств, обеспечивающих понимание текстов, касающихся

конкретных областям техники, социальной жизни и так далее.

Прикладная задача, инициировавшая данную работу, состоит в следующем. Для проведения исследований в области производственного травматизма необходим сбор статистики о несчастных случаях. К сожалению, у нас в стране отсутствуют отлаженные механизмы сбора статистической информации, методики работы с массивами данных по производственному травматизму. С данной проблемой автора ознакомил кандидат технических наук С.П. Левашов (Курганский государственный университет), который столкнулся с ней в ходе проводимых им исследований в этой области.

Практически для проведения здесь статистического исследования нужно для каждого случае травматизма получить информацию об обстоятельствах несчастного случая и его последствиях (медицинский диагноз). Имеются классификаторы, с помощью которых, имея описание инцидента и диагноз, можно определить 4 классификационных признака: код вида воздействия, код источника травмы, код места травмы и код характера травмы. Для наших целей эти коды являются необходимой и достаточной информацией. Проблема в том, что текстовое описание несчастного случая на производстве и полученной травмы хранится (в «Региональном отделении Фонда социального страхования Российской Федерации») в произвольном, неструктурированном виде. Человек, прочитав этот текст, как правило, может определить необходимые коды, поскольку он понимает широкий контекст того, о чем говорится в тексте. Однако объем этой информации весьма велик, и выполнение этой работы вручную нереально. Встает задача автоматизации анализа информации о производственных несчастных случаях.

### 1.2 Подход к решению

Итак, задача выглядит следующим образом.

На входе имеем два текстовых поля: с описанием инцидента и с медицинским диагнозом.

На выходе необходимо получить четыре кода, перечисленные выше.

Имеются 4 классификатора. Все имеют иерархическую структуру с небольшим (2-4) количеством уровней иерархии. Классификаторы следующие:

1 Источник травмы. Это может быть, например, «Трактор», «Стремянка», «Летающие частицы», «Дорожное покрытие».

2 Вид воздействия. Например: «Удары падающими предметами при обращении с ними», «Чрезмерные физические усилия при подъеме предметов», «Контакт с чрезмерно холодными веществами или предметами».

3 Характер повреждений. Например:



«Переломы», «Ожоги», «Острые отравления и интоксикации».

4 Местоположение повреждения. Различные части тела и системы организма: «Голова», «Система кровообращения».

Каждый элемент того или иного классификатора содержит соответствующий код. Наша цель – определить в каждом из классификаторов элемент (и, следовательно, код), адекватный ситуации, описанной в тексте. При этом источник травмы и вид воздействия определяются исходя из описания инцидента, а характер и местоположение повреждения – из диагноза.

Что представляют собой исходные данные.

Как правило, текст написан грамотно, знаки пунктуации расставлены верно, лексика используется стандартная. Сокращения используются, но также общепринятые. Это, по крайней мере, упрощает первоначальную обработку текста.

В большинстве случаев диагноз – перечисление пострадавших органов и характера повреждений, то есть достаточно прозрачно корреспондирует с содержимым классификаторов 3 и 4. Синтаксис также достаточно прост; сложности могут возникать в фразах типа «Тупая травма таза, обширные ушибы, кровоподтеки мягких тканей таза, промежности». Здесь могут быть разные толкования, к чему относится слово «промежности».

Описание инцидента обычно сложнее и синтаксически и семантически, так как:

- часто состоит из нескольких предложений; учет связи между предложениями текста представляет отдельную задачу,

- нет никакого стандарта (в диагнозах он просматривается), все предложения имеют произвольную форму, сам пострадавший обычно не упоминается ни как деятель, ни как объект, так как «и так понятно, о ком идет речь»,

- иногда в принципе ничего нельзя определить по части классификаторов 1 и 2, например: «Выполняя ремонт, получил травму»,

- наиболее сложный момент состоит в том, что часто для понимания требуются знания о явлениях, никак в тексте не упомянутых, образующих ситуативный контекст. Например, «Заводил с пускатра трактор, не выключив скорость, получил перелом таза». А в случае диагноза контекст обычно укладывается в анатомию человека.

Под термином «понимание» будем понимать следующее (подражая человеческому «пониманию»). Имеется ряд типовых ситуаций (шаблонов, паттернов). Необходимо распознать паттерн, соответствующий смыслу текста, и параметризовать его, исходя из конкретного содержания текста. Поняв текст, мы решим и утилитарную задачу: определим классификационные коды.

Исходя из изложенного представляется реальным следующий подход к решению задачи.

1 Описание инцидента и диагноз обрабатываются независимо.

2 Синтаксический анализ для обоих полей

(описание инцидента и диагноз) производится одинаково, в соответствии со схемой, изложенной в [1]. То есть, проводится морфологический анализ, затем строится синтаксическая структура предложения, используя семантическую информацию только для снятия неоднозначности.

3 Семантический анализ диагноза можно осуществить исходя из того, что паттернов здесь относительно немного (обычно, один для каждого вида травмы) и паттерн достаточно просто идентифицируется, когда построена синтаксическая структура предложения. После этого могут быть определены классификационные коды.

4 В случае с описанием инцидента можно выделить два случая.

Первый – аналогичный ситуации с пониманием диагноза, например: «Упав с комбайна, сломал ногу» – вся информация содержится в тексте, необходимо ее только извлечь.

Второй – как в примере с запуском трактора, стоящего на скорости. Здесь база знаний должна включать достаточно обширные контексты различных ситуаций. В этом случае наша программа должна идентифицировать паттерн, восстановить важные для понимания, но не упомянутые прямо в тексте, обстоятельства, а затем действовать, как в первом случае.

Следует отметить, что проект разрабатывался как исследовательский, а не как промышленный.

## 2 Морфологический анализ

На вход морфологического анализатора подается предложение. На выходе – массив/список морфологических описаний элементов предложения.

Работа происходит в два этапа.

1 Предварительная обработка текста. На этом этапе производится замена

- 1) знаков препинания соответствующими кодами, принятыми в системе;

- 2) популярных сокращений и распространенных опечаток; для этого используются словари, которые сейчас доступны;

- 3) марок техники на название соответствующего вида техники, например, вместо «MT-20» будет «трактор»; соответствующий словарь составлен самостоятельно;

- 4) слов неизвестных MyStem (см. ниже) на их «суррогаты»: вместо «оскольчатый» (перелом) – «осколочный» и т.п.; состав таких слов был установлен опытным путем.

2 Собственно морфологический анализ слов предложения.

Для него используется анализатор MyStem. Он разработан Яндекс, его исходный код закрыт, он свободно может применяться в коммерческих и некоммерческих приложениях; имеющиеся ограничения в нашем случае значения не имеют. Данный анализатор обладает вполне достаточной функциональностью: для каждого текстового слова находятся все возможные лексемы, для которых приводится их полная грамматическая

характеристика (часть речи и, например, род и одушевленность для существительных), и форма (формы), в которой данное текстовое слово представляет данную лексему (например, число, падеж).

Стоит отметить, что для промышленного применения в таком виде анализатор вряд ли применим, в частности, из-за низкого быстродействия, но для исследовательских целей вполне пригоден. Можно предположить, что для своих внутренних целей Яндекс использует несколько другую версию.

### **3 Синтаксический анализ**

#### **3.1 Общая схема и алгоритм**

Применяемая модель синтаксиса состоит из двух компонентов:

- 1) фреймовая модель предложения,
- 2) система правил продукции для восстановления структуры предложения по его тексту.

Общая схема синтаксического разбора такова

1 На входе — массив текстовых атомов — знаков препинания или слов, уже обработанных морфологическим анализатором. Идентификаторы атомов — просто их позиции в массиве, начиная с 1.

2 В ходе разбора формируются фреймы, первоначально — каждый фрейм связан с одним атомом, потом структуры могут укрупняться. Идентификатор фрейма — это его номер (начиная с 1) в хронологическом порядке создания фреймов. Они образуют МФ — массив/список фреймов.

3 В ходе разбора создается и постоянно изменяется список фреймов верхнего уровня (СВУ). Это фреймы, каждый из которых не подчинен другому фрейму. В конце вывода в этом списке должен быть ровно один элемент — всё предложение, как целое. Ему древообразно подчинены другие фреймы, что и отражает синтаксическую структуру предложения.

Алгоритм разбора в целом такой.

1 Сначала фреймов нет, списки пусты.

2 Атомы из входного массива вводятся по одному слева направо. Для слова сразу же создается фрейм соответствующего типа (см. ниже). Новый фрейм пополняет собой МФ и его идентификатор записывается в хвост СВУ. Фрейм, расположенный в хвосте СВУ называется текущим.

3 Делается попытка укрупнить фреймы в СВУ, подчиняя один фрейм другому.

3.1 Всегда рассматривается текущий фрейм и то, что слева от него. Имеется ряд типовых ситуаций, когда можно произвести укрупнение. Они отражены в наборе правил продукции, где антецедент — типовая ситуация, а консеквент — действие, которое следует произвести.

**3.2 Операции могут быть следующих типов:**

1) Захват. Текущий фрейм поглощает фрейм слева, тот удаляется из СВУ (то есть из списка удаляется его идентификатор, сам фрейм в МФ остается), а его идентификатор записывается в один из слотов поглотившего его фрейма (см. пример).

2) Передача. Точно наоборот. Фрейм слева поглощает текущий с такими же последствиями для обоих.

3) Объединение. Производится, когда создается группа подобных членов. Создается новый фрейм (см. типы фреймов) и ему подчиняются текущий и фрейм слева.

3.3 Если произошла передача, то обработка этого текстового атома заканчивается и вводится следующий. Если произошел захват, то п.3 начинается сначала.

4 Это продолжается, пока не произойдет одно из двух

- слева от текущего фрейма в СВУ пусто;
- ни одно правило невозможно применить.

#### **3.2. Фреймовая модель**

##### **3.2.1 Общая структура**

Фреймы образуют несколько групп: для синтаксического разбора, для распознавания ситуаций инцидентов и др. Здесь рассматриваются только первые.

Любой фрейм включает слоты (имеет свойства):

1) Идентификатор: число — идентификатор данного фрейма;

2) Тип: указание типа. Практически — код, но далее для удобочитаемости используются мнемонические обозначения;

3) Фрейм-хозяин: число — идентификатор фрейма, в который входит данный. Пустое значение, если хозяина нет.

Все фреймы-экземпляры имеют общее пространство идентификаторов. Как видно из состава слотов, общих для всех типов, фреймы образуют древообразную структуру (в общем случае — лес), но не решетку и тем более не граф более общего вида.

Фреймы для грамматического разбора разделяются на фреймы на уровне словосочетаний и на уровне предложений. Предложение в данном случае формально не считается словосочетанием.

##### **3.2.2 Фреймы на уровне словосочетаний**

Имеется две основные подгруппы: фреймы-блоки и атомарные фреймы.

Блоки соответствуют именам знаменательным и местоименным (для последних, в основном, зарезервировано) и включают их и подчиненные им слова. Последних может не быть, тогда блок включает только одно слово.

Атомарные соответствуют знаку препинания или служебному слову: предлогу, союзу, частице, междометию. У служебных слов не бывает подчиненных слов. Фактически служебное слово может состоять из нескольких текстовых. («в течение», «потому что» и пр.), в этом случае отображающий это слово фрейм будет считаться атомарным и объединять все эти текстовые слова.

Все фреймы данной группы включают слоты (один из трех альтернативно):

1) Базовое слово. Число — идентификатор слова или знака препинания. Для атомарных —

единственного слова или знака. Для блоков –того знаменательного, вокруг которого построен блок

2) Базовые однородные члены. Число – идентификатор блока типа ОЧ\_ (однородные члены, см. ниже), если блок базирован на ОЧ. Только для блоков.

3) Базовое цельное словосочетание. Аналогично, если блок базирован на цельном словосочетании.

Слот «Тип» может принимать для фреймов-блоков следующие значения (фактически это могут быть коды, здесь приведены мнемонические обозначения): ГрСущ (Группа существительного), ГрПрил (Группа прилагательного), ГрГлаг (Группа глагола), ГрНар (Группа наречия), ГрЧисл (Группа числительного), ПрОб (Причастный оборот), ДеепрОб (Деепричастный оборот), ГрМст (Группа местоимения), ЗнПр (Знак препинания), Предлог, Союз, Частица, ОЧ\_Сущ (Группа однородных членов - существительных), ОЧ\_Прил (аналогично прилагательных), ОЧ\_Глаг (глаголов), ОЧ\_Нар (наречий), ОЧ\_Числ (числительных).

Кроме того, все фреймы-блоки включают слот «Включаемые элементы». Список (без иерархии) идентификаторов фреймов, включенных в данную группу. Собственный идентификатор не включается. Может быть пустым.

Кроме общих, все фреймы имеют слоты, отражающие их специфику. В качестве примера: фрейм «Группа существительного» включает дополнительные слоты:

1) Согласованное определение: Список идентификаторов фреймов, образующих согласованное определение. Может быть пустым.

2) Несогласованное определение: Список идентификаторов фреймов, образующих несогласованное определение. Может быть пустым.

3) Предлог: Число — идентификатор предлога. Если его нет — пустое значение.

### 3.2.3 Фреймы на уровне предложения

Здесь всего два вида фреймов: ПредГр (Предикативная группа) и Предложение.

Фрейм типа ПредГр включает три дополнительных слота:

1) ГрПодл: Группа подлежащего (идентификатор фрейма). Этот фрейм обычно – ГрСущ, но не обязательно.

2) ГрСказ: Группа сказуемого (идентификатор фрейма). Этот фрейм обычно – ГрГлаг, но не обязательно.

3) Общее обстоятельство: Как правило, ГрСущ, которые относятся ко всей конструкции, основанной на предикативном ядре.

Фрейм типа Предложение включает только один дополнительный слот: Список независимых предикативных групп.

То есть мы предполагаем каждое предложение, вообще говоря, сложносочиненным, а каждое главное может иметь в подчинении любое количество придаточных, которые попадают либо в группу подлежащего, либо в группу сказуемого,

либо в Общее обстоятельство. Благодаря очевидной рекурсивности этой конструкции, возможна любая степень вложенности.

### 3.3 Правила продукции для синтаксического разбора

Как говорилось выше, правила служат для восстановления структуры предложения. Ниже в качестве примера приведены два правила, применяемые, когда текущий блок – группа существительного.

(11)ЕСЛИТекБлок=ГрСущИУровень=Верхний И Элемент = ГрПрил И Согласованы(ТекБлок, Элемент)

ТО Захват (Элемент, СоглОпр)

...

(22) ЕСЛИ ТекБлок = ГрСущ(с/п, КосвП) И Уровень = Нижний И Элемент = ГрСущ

ТО Передача(ТекБлок, НеСоглОпр)

Здесь Элемент – элемент СВУ слева от текущего,

с/п – с предлогом,

Уровень = Верхний или Нижний означает, что рассматривается элемент СВУ или фрейм, ближайший слева от текущего безотносительно к его положению в иерархии,

КосвП – любой косвенный падеж.

Управляющая структура данной продукционной системы проста. Все правила имеют определенный приоритет (в принципе — вычисляемый, практически — фиксированный для каждого типа фрейма). Правила просматриваются в соответствии с этими приоритетами, пока хотя бы одно не сработает. Затем просмотр начинается сначала.

### 3.4 Пример синтаксического разбора

Допустим, на входе текст: «Сложный оскольчатый перелом третьего пальца левой руки».

После морфологического анализатора получим массив (атомов).

Таблица 1 – Пример исходных данных для синтаксического разбора

Идент.	Основная форма	Часть речи	Морфологическая характеристика
1	сложный	Прилагательное	М.р., ед.ч., ИП
2	оскольчатый	.Прилагательное	М.р., ед.ч., ИП
3	перелом	Существительное	М.р., ед.ч., ИП
4	третий	Числительное	Порядковое, М.р., ед.ч., РП
5	палец	Существительное	М.р., ед.ч., РП
6	левый	Прилагательное	Ж.р., ед.ч., РП
7	рука	Существительное	Ж.р., ед.ч., РП

После синтаксического разбора будет получено предложение, где будет всего одна независимая предикативная группа, в которой будет заполнена только группа подлежащего. Она будет представлена следующей структурой (начиная с корня дерева):

СВУ = [3]

{Ид = 3, Тип = ГрСущ, БС = 3, СО = [2, 1], НО =



[5], Пр = None, ВЭ = [1,2,4,5,6,7]}  
{Ид = 5, Тип = ГрСущ, БС = 5, СО = [4], НО = [7], Пр = None, ВЭ = [4,7]}  
{Ид = 7, Тип = ГрСущ, БС = 7, СО = [6], НО = [], Пр = None, ВЭ = [7]}

Фреймы с идентификаторами 1, 2, 4, 6 – представляют только слова с теми же идентификаторами.

Здесь Ид – идентификатор, БС – базовое слово, СО – согласованное определение, НО – несогласованное определение, Пр – предлог, ВЭ – включаемые элементы, [...] - список.

#### 4 Семантический анализ

##### 4.1 Тезаурус

Для семантического анализа текста разработан тезаурус по предметной области. Он включает в себя совокупность терминов, описывающих данную предметную область, с указанием семантических отношений (связей) между ними. Тезаурус представлен обычной реляционной БД.

Основной является таблица «Понятия», содержащее понятия-существительные. Имеются разного рода связи между понятиями, как иерархические, так и горизонтальные, отражающие специфику предметной области. Используется перекрестная классификация: одно и то же существительное может входить в несколько групп. Например, радиатор — это и резервуар, который может разгерметизироваться, и тяжелый предмет со всеми его возможными ролями. Кроме того, радиатор – часть двигателя и т.д. Характеристики и связи между существительными отражены в таблицах «Существительные в группе» и «Группы существительных».

Существенно меньший по численности элементов компонент тезауруса – глаголы. Каждый глагол может иметь несколько значений, поэтому они также объединены в группы. Основная – «Травмирующие глаголы». Например, «оказаться» по смыслу может быть и «находиться», и «попасть», и «угодить». Травмирующие глаголы, в свою очередь, объединены в «Функциональные роли». Например, травмирующий глагол «Оказаться» входит в функциональную роль «Защемить».

Формально входит в тезаурус и компонент, отражающий анатомию человека и отчасти физиологию: основные системы организма.

##### 4.2 Медицинский диагноз

Семантический анализ медицинского диагноза не представляет большой трудности по причинам, о которых сказано выше.

Практически все случаи сводятся к следующим схемам:

<Вид повреждения> <орган/система организма>

<Смерть в следствие> <причина смерти>

Как видно из примера синтаксического разбора, его результат может быть достаточно легко транслирован в требуемую пару кодов.

#### 4.3 Описание инцидента

##### 4.3.1 Структура модели

Семантическая модель инцидента включает следующие основные компоненты:

1. Классификация инцидентов.
2. Состав и иерархия ролей.
3. Правила определения носителей (так сказать, исполнителей, actor'ов) ролей.
4. Правила определения класса инцидента и его соотнесения с целевыми кодами (кодами вида воздействия и источника травмы).

5. Контексты травмоопасных ситуаций.

Последний компонент используется в случаях, когда сообщение не содержит достаточно информации для прямого определения целевых кодов, и мы вынуждены подключать знания о более широком контексте ситуации.

Классификация инцидентов основана на, так сказать, «бытовой» классификации, естественной для человека и поэтому наиболее ясно проявляющейся в формулировках на естественном языке. Эта классификация тесно связана с (целевым в нашей задаче) классификатором вида травмирующего воздействия, но имеет отличия. В частности, принятая в модели классификация подробнее.

Роли делятся на:

1) Глобальные роли: Травмирующее действие, Субъект, Объект. Присутствуют во всех видах инцидентов.

2) Локальные роли. Специфические для каждого рода инцидентов и, как правило, называются агентами. Например, при защемлении обычно два агента: между чем и чем защемило. При разрыве ёмкости – уже другие агенты в зависимости от характера травмирующего воздействия: травма летящими частицами, травма громким звуком и т.д.

Правила определения носителей ролей являются правилами продукции, antecedentes которых определены на синтаксической модели предложения с сообщением об инциденте. Подробности приведены ниже.

##### 4.3.2 Алгоритм семантического анализа

Этот алгоритм полностью перекрывает случай прямого распознавания. В случае, когда необходимо расширенный контекст, требуются дополнительные действия, о которых говорится в следующем пункте.

Последовательность действий следующая.

1 Распознаётся травмирующее действие.

Сначала распознаем травмирующее действие: ищем сказуемое из списка глаголов, соответствующих (по тезаурусу) травмирующим действиям. Действие может быть выражено:

- просто «травмирующим» глаголом («ударил», «ударило»),

- тем же глаголом в возвратной форме («ударился»),

-соответствующим отглагольным существительным без глагола («удар»),

-соответствующим отглагольным существительным с глаголом из определенного набора

(«получил удар», «произошел удар»).

2 Выясняется, кто является субъектом действия.

Для этого применяется ряд правил. Некоторые из них:

- если глагол возвратный, то субъект – сам пострадавший;

- если нет подлежащего и глагол не среднего рода, то субъект — сам пострадавший;

- если нет подлежащего и глагол среднего рода, то субъект — не пострадавший и как-то следует из контекста, либо не следует, если сказано слишком кратко (например, «зажало», «ударило»);

- если в ГрГлаг есть ГрСущ1(ТП) то ГрСущ1 – предполагаемый субъект. Нужно проверить по тезаурусу, может ли это быть субъект данного действия («бункером ударило...»). Иначе считаем, что субъект «некая сила». Например, «палец зажало между валом и шестерней». Что-то зажало, сила тяжести, допустим.

3 Определяется объект. Это или пострадавший в целом, или часть тела.

4 Выясняется орудие нанесения травмы. Во многих случаях зависит от типа действия. Является локальной ролью.

5 Выделяется контекстный процесс. Например, инцидент произошел в рамках другого процесса: ремонта, полевых работ и т.д.

Пункты 4, 5 могут пропускаться, если их не требует задача.

6 Заключительный шаг. Определяется паттерн и целевые коды.

В таблице 2 следующие колонки: содержательное описание ситуации; целевой код и формулировка (по классификатору) вида воздействия; то же источника травмы; antecedents правил, консеквенты которых указывают именно на данный паттерн. Обозначения типа Оказаться1 означает принадлежность действия к определенной группе, означающей действия, одинаковые

по сути в данном контексте. В данном случае: занять какое-то место в пространстве (скорее всего, некстати).

4.3. Случай использования расширенного контекста

Для восстановления недостающей информации применяем подход, аналогичный [2].

При изложении будем использовать реальный пример: «Открутил пробку радиатора, получил ожог». Человеку, читающему текст, всё понятно: в радиаторе трактора после длительной работы вода нагрета примерно до температуры кипения, много горячего пара, который вырвется, если сейчас открутить крышку. Открутил-таки – получил ожог этим самым паром. Фактически, не хватает упоминания промежуточного момента: «произошел выброс (горячего) пара». Но люди обычно это как раз всегда опускают, поскольку «и так ясно».

В модели реализован следующий формализм. Мы считаем, что происшествия, приведшие к травмам, развиваются по сценарию:

1) неосторожное действие: то, что стартовало процесс,

2) промежуточное действие: неблагоприятное развитие событий,

3) травмирующее действие.

Каждый из пунктов сценария также в случае необходимости может быть развернут в цепочку.

Нам необходимо построить локальное поле знаний для группы неосторожных действий. В данном случае эти действия - разгерметизация, то есть какая-то «неправильная» разгерметизация ёмкости.

1. Объекты и их свойства

1.1. Бывают емкости: жесткие: баллоны, цистерны, радиаторы,...; эластичные (оболочки): камеры колес, ...

1.2. Содержимое

1) по агрегатному состоянию: газ, жидкость, одновременно газ и жидкость.

Таблица 2 – Типовые ситуации (фрагмент)

Код фрейма	Содержание инцидента	Код вида воздействия	Код источника травмы	Условие выбора
101	Защемление: между шестеренкой и цепью и т.п. То есть между частями работающего механизма	43. Защемление между движущимися предметами (за исключением летящих или падающих предметов)	12. Механизмы и устройства с трансмиссией	1) Субъект (Часть тела) Действие(Оказаться1) Предлог(Между) Агент1(Часть механизма) Агент2(Часть механизма) 2) Субъект(Часть механизма) Действие (Прихватить1) Объект(Часть тела)
102	Затянуло, замотало	42. Защемление между неподвижным и движущимся предметами	15. С/х механизмы и устройства или 12. Механизмы и устройства с трансмиссией (в зависимости от контекста)	1) Действие (Затянуть1) Объект (Часть тела) Предлог(В) Агент1(Вращ1) 2) Действие (Замотать1) Объект (Одежда) 3) 2) Действие (Замотать1) Объект (Часть тела: Волосы)

2) по температуре: низкая температура, высокая, нормальная.

3) по давлению: высокое, нормальное.

4) по химическим свойствам: нейтральное, едкое, токсичное.

1.3 Разгерметизация может быть

- штатными средствами: вынуть пробку, отвинтить крышку,...

- аварийная: лопнуть, проткнуть(чем-то),...

1.4 В результате аварийной разгерметизации может быть: повреждение емкости или уничтожение емкости.

1.5 Травмирующим фактором может быть: выброс содержимого, громкий звук, ударная волна, разлетающиеся частицы.

1.6 Возможные последствия.

Выброс содержимого может повлечь: ожог, обморожение, химический ожог, отравление.

Громкий звук может повлечь: травму органов слуха.

Ударная волна: то же, что удар.

2. Цепочки действий

1) Неосторожное действие - разгерметизация

2) Промежуточное действие— звук/выброс/ волна.

3) Травмирующее действие — в соответствии с промежуточным.

2.1 Любой конкретный объект, например, радиатор, имеет свои характеристики, как источник именно этого типа опасности: жесткий, жидкость и газ, температура высокая, давление нормальное, химические свойства: нейтральное.

2.2 При разгерметизации того, кто содержит жидкость и газ, может произойти выброс того и другого. При этом при штатной разгерметизации – газ (мы для простоты считаем, что есть только пробка сверху), а при повреждении – жидкость.

2.3 Травмирующее действие от выброса содержимого: если температура высокая — ожог, если температура низкая – обморожение, если содержимое едкое – химический ожог, если токсичное – отравление.

Можно заметить, что эти правила не привязаны к каким-то другим условиям. Например, не требуют учета нескольких факторов.

Таким образом, если теперь мы идентифицируем неосторожное действие и объект, мы можем построить цепочку (цепочки).

3 Идентификация неосторожного действия

Теперь мы можем распознать ситуацию, используя правило с антецедентом:

Действие(Открывать1)И

Объект(Целое(Емкость1),

Часть(Средство\_герм\_1)),

где Открывать1: открыть, открутить, вынуть, вытащить; Емкость1: баллон, радиатор,...

Средство\_герм\_1: пробка, вентиль, крышка...

Эта информация содержится в тезаурусе.

4 Восстановление цепочки событий

Далее мы можем идентифицировать разгерметизацию как штатную (п.1.3 поля знаний), затем

– выброс газа (п.2.2), затем – ожог (пп.2.1, 2.3).

Таким образом, локальное поле знаний дает возможность восстановить обстоятельства, пропущенные в тексте сообщения.

## 5 Реализация

Проект был доведен до уровня работающей программы. При этом тезаурус был составлен в полном (в первом приближении) объеме, синтаксический анализатор – примерно на 50%, система правил для семантического анализа медицинских диагнозов – практически полностью. База знаний для семантического анализа инцидентов заполнялась выборочно, только с целью проверить адекватность подхода и практическую приемлемость компьютерной реализации.

В работе над проектом приняли участие студенты КГУ специальности ПОВТиАС А. Кипорский и И. Кипорская. Ими был заполнен тезаурус и осуществлена программная реализация на языке Java (это входило в их выпускные работы).

Автором разработана пилотная программа на языке Erlang.

## 6 Выводы

1 Разработана семантическая модель предметной области «Производственные несчастные случаи. Трактористы». База знаний на ее основе позволяет осуществлять машинное понимание (семантический анализ) текстов с описанием инцидентов и соответствующих медицинских диагнозов.

2 Разработан синтаксический анализатор предложений на русском языке, ориентированный в первую очередь на подготовку информации для семантического анализатора.

3 Осуществлена программная реализация синтаксического и семантического анализаторов.

4 Тестирование показало эффективность данного подхода.

### Список литературы

1 Головки А. П. Автоматический анализ предложения на естественном языке на основе комбинированного семантико-синтаксического подхода // Вестник Курганского государственного университета. Серия «Технические науки». Вып.5. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2010. С.156-159.

2 Сценарии / Л.В.Литвинцева // Искусственный интеллект : в 3 кн. Кн. 2. Модели и методы : справочник / под ред. Д. А. Поспелова. М. : Радио и связь, 1990. 304 с.

УДК 658.3

**А.А. Перельгина, В.Н. Орлов, А.В. Брюхов**  
**Курганский государственный университет**

## ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ СОТРУДНИКОВ ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ

**Аннотация.** В статье обосновывается зна-



чимостью человеческого фактора в процессе управления качеством, проводится комплексная оценка сотрудников организации по 4 критериям как индивидуально, так и по группам и по предприятию в целом.

**Ключевые слова:** управление персоналом, конкурентоспособность, креативность, компетентность, коммуникабельность, система оценки персонала.

**A.A. Perelygina, V.N. Orlov, A.V. Bryukhov**  
Kurgan State University

## ASSESSMENT OF STAFF COMPETENCIES WITH EXPERT METHOD

**Annotation.** *The article explains the importance of the human factor in the process of quality management, comprehensive assessment of company employees is conducted by four criteria, both individually and in groups, and in the enterprise as a whole.*

**Keywords:** human resource management, competitiveness, creativity, competence, sociability, staff evaluation system.

### Введение

Человеческий фактор оказывает определённое влияние на эффективность деятельности предприятия; в том числе – с точки зрения стандарта ISO 9001 [1] – от работы персонала в большой степени зависит:

- и система качества,
- и работоспособность,
- и благополучие предприятия в целом.

В свою очередь, на человеческий фактор оказывают влияние такие факторы, как:

- знание субъектом управления своего дела;
- умение организовать;
- собственный труд,
- работу коллектива.

Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что человеческий фактор и управление персоналом на предприятии являются одним из ключевых элементов его системы качества.

То есть:

- чем эффективнее работает система управления персоналом,
- тем эффективнее работает предприятие в целом.

Для того чтобы контролировать работу персонала, необходимо сначала его оценить. Существуют различные методы оценки, одним из которых является экспертный метод. По своей значимости в общей оценке кандидата на конкретную должность определенные качества всегда имеют удельный вес, что устанавливается экспертным путем. Для определения общей оценки деловых и организаторских качеств кандидата на управ-

ленческую должность составляется специальный оценочный лист. Естественно, чем выше общая оценка по каждой группе качеств, тем более достоин кандидат занять должность в аппарате управления [2]. Таким образом, сотрудник оценивается по единым критериям несколькими опытными экспертами-наблюдателями, а заключения и индивидуальные отчёты по каждому участнику составляются в последствии на основании совокупности экспертных оценок, что, в конечном итоге, повышает объективность проведенной оценки.

1 Статистика трудовых отношений по Курганской области

В ходе проведения анализа ситуации трудовых отношений в Курганской области – на 1 марта 2016 года выявилось, что уровень безработицы составляет 8 786 человек; это выше значения того же показателя 2015-го и 2014-го годов – на 0,86% и 0,80%, соответственно [3].

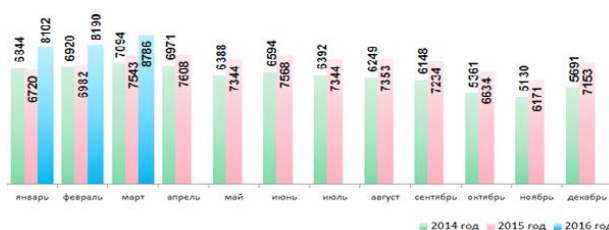


Рисунок 1 - Численность безработных граждан

При этом – в среднем, на 66 вакансий специалистов, занятых в сфере управления персоналом, в том числе: менеджеров, – приходится 150 безработных.

### 2 Система оценки персонала «4К»

Анализируя основные запросы к сотрудникам организации и их максимальные возможности, были выявлены наиболее весомые квалификационные требования: Так, специалисты:

- должны быть компетентными в вопросах, связанных с выполняемой работой;
- должны уметь заинтересовать оппонента, поддержать с ним беседу;
- должны обладать в достаточной степени креативностью, конкурентоспособностью.

Эти критерии были положены в систему оценки персонала «4К», основанную на методике оценки «360», [4] согласно которой работника оценивают:

- вышестоящее, по должности, лицо;
- нижестоящее,
- его коллега.

Данная система оценки относится к социально-психологическому аспекту управления персоналом, поскольку учитывает частные (субъективные) мнения отдельных людей.

3 Апробация системы оценки персонала «4К» на сотрудниках ФБУ «Курганский ЦСМ»

Система была опробована в Федеральном Бюджетном Учреждении «Государственный Региональный Центр стандартизации, метрологии

и испытаний в Курганской области» (ФБУ «Курганский ЦСМ») (далее – «Центр»).

Общее количество сотрудников Центра, принявших участие в комплексной оценке – 60 человек. При этом – в выборку оцениваемых сотрудников, было отобрано 20 человек:

- руководителей,
- специалистов.

Оценка сотрудников проводилась анонимно – с письменным заполнением анкет, по заранее разработанным формам (рисунок 2).

**Таблица 1. Оценка компетентности персонала**

№ ц/п	Критерии оценки	Оценочная шкала, баллы					
		0	1	2	3	4	5
1	Умение четко формулировать цель						
2	Способность верно организовать и спланировать работу						
3	Наличие лидерских качеств						
4	Ориентация на результат						
5	Умение генерировать и накапливать идеи						
6	Умение собирать и анализировать информацию						
7	Способность к саморазвитию						
8	Наличие потенциала продвижения на другую функциональную роль						
9	Умение работать в группе						
10	Умение быстро адаптироваться к изменениям						
		<b>Итого:</b>					

**Таблица 2. Оценка коммуникабельности персонала**

№ ц/п	Критерии оценки	Оценочная шкала, баллы					
		0	1	2	3	4	5
1	Умение убедить						
2	Умение вести беседу						
3	Умение расположить к себе						
4	Умение слушать						
5	Способность говорить на разносторонние темы для поддержания разговора						
6	Способность внушать доверие						
7	Умение продемонстрировать дружелюбный и уверенный подход к коллегам и клиентам						
		<b>Итого:</b>					

**Таблица 3. Оценка конкурентоспособности персонала**

№ ц/п	Критерии оценки	Оценочная шкала, баллы					
		0	1	2	3	4	5
1	Трудовые отношения в коллективе						
2	Желание работать в коллективе						
3	Условия и организация труда						
4	Состояние здоровья						
5	Целеустремленность						
6	Квалификация/уровень подготовки						
7	Интеллект						
8	Наличие детей до 5 лет						
		<b>Итого:</b>					

Примечание к №8:

Нету – 5 баллов, взрослые дети – 4 балла, 1 ребенок – 3 балла, 2 ребенка – 2 балла, 3 и более детей – 1 балл.

**Таблица 4. Оценка креативности персонала**

№ ц/п	Критерии оценки	Оценочная шкала, баллы					
		0	1	2	3	4	5
1	Способность видеть суть проблемы						
2	Способность сопротивляться стереотипам						
3	Преобладание творческого подъема						
4	Преобладание активности						
5	Наличие оригинальности						
6	Обладание критичностью мышления						
7	Обладание чувством метафоричности						
		<b>Итого:</b>					
Оцениваемый сотрудник (Ф.И.О.)							
Оценивающий сотрудник (Ф.И.О.)							
Дата, подпись							

Рисунок 2 – Форма для оценки сотрудников по системе «4К»

Была проведена оценка профессионального уровня сотрудников в целом по совокупности и отдельно по каждому из 4 блоков: компетентность, коммуникабельность, конкурентоспособность, креативность.

Основываясь на принципе Парето: «20/80» – были выявлены 10%-ные границы значений показателей [5]:

- во-первых: сотрудников с «высочайшим» уровнем соответствия;

- во-вторых: сотрудников - «аутсайдеров».

Численные значения были определены по формулам:

нижняя граница самых лучших:

$$10\% \Rightarrow X_{min} + 0,9 * (X_{max} - X_{min}) > Y_{сп}$$

верхняя граница аутсайдеров:

$$10\% \Rightarrow X_{min} + 0,1 * (X_{max} - X_{min}) < Y_{а}$$

где:

$X_{max}$  и  $X_{min}$  – максимальное и минимальное значения из выборки;

$Y_{сп}$  – полученное числовое значение нижней границы самых лучших;

$Y_{а}$  – полученное числовое значение верхней границы аутсайдеров.

Таким образом, можно сказать, что средний обобщенный показатель профессиональных качеств: для всей выборки оцениваемых сотрудников Центра, по всей совокупности четырех блоков показателей – варьируется от 78 до 153 баллов.

#### 4 Анализ результатов работы системы

С допустимой вероятностью, все сотрудники Центра имеют уровень профессиональной пригодности – не ниже среднего. При этом:

- 10% из них имеют «высочайший» уровень профессионального соответствия;

- 50% из них имеют «высокий» уровень профессионального соответствия;

- 35% имеют «приемлемый» уровень профессионального соответствия;

- 5% – «аутсайдеры».

Аналогичный анализ был проведен по каждому отдельному блоку. Результаты оценки убедительно показывали на то, что Сотрудники Центра имеют более высокий уровень компетентности (рисунок 3) по сравнению с уровнем конкурентоспособности (рисунок 4).



Рисунок 3 – Оценка компетентности сотрудников



Рисунок 4 – Оценка конкурентоспособности сотрудников

Была проведена оценка профессиональной пригодности сотрудников, с учётом их «социально-должностного» статуса. Для этого, были выделены группы «социально-должностного» статуса:

- 1) топ-менеджеры;
- 2) менеджеры среднего уровня управления;
- 3) специалисты;
- 4) рабочие.

При этом выборки топ-менеджеров и рабочих составили по 1 человеку каждый; поэтому они были исключены из дальнейшей оценки. По оставшимся 2 группам: менеджеры среднего уровня управления (МН) и специалисты (СП) – были проведены аналогичные оценки степени соответствия профессиональным качествам и, с учётом принципа «постоянного улучшения», были выбраны качества, которые наиболее характерны для каждой из этих четырех групп. Результаты обработки данных были систематизированы и приведены в таблице 1. [7]

Таблица 1 – Характерные качества групп

Группа	компетентность	коммуникабельность	конкурентоспособность	креативность
МН	Наличие лидерских качеств	Способность внушать доверие, умение расположить к себе	Обладание необходимым уровнем квалификации, уровнем подготовки, интеллектом	Обладание критичностью мышления
СП	Способность к ориентации на результат	Умение расположить к себе	Обладание необходимым уровнем квалификации, уровнем подготовки	Обладание критичностью мышления; обладание чувством метафоричности

#### Заключение

В результате проделанной работы были разработаны и предложены руководству Центра следующие мероприятия:



- 1) По повышению компетентности:
  - установить цели и стремиться к их достижению;
  - обратить внимание на внешний вид, ввести занятие в экстремальных видах спорта.
- 2) По повышению коммуникабельности:
  - использовать специальные (коллективные и индивидуальные) тренинги и упражнения на развитие уровня общительности.
- 3) По повышению конкурентоспособности:
  - создать стенд с фотографиями сотрудников – в виде конкурентоспособной пирамиды, – отражающий позицию каждого члена коллектива;
  - организовать выездные командировки на отечественные и зарубежные предприятия – с целью повышения квалификации;
- 4) По повышению креативности:
  - уделять внимание: освещению в помещении (оно должно быть приглушенным) и уровню шума (он должен быть умеренным);
  - использовать шире Фрирайтинг (поиск неординарных идей и решений путём постоянного записывания своих мыслей) и принцип Эрнста Пёппеля «Час креативности» (концентрирование на определенном предмете и погружение в мысли о нем) [6].

*Список использованных источников:*

- 1 Система менеджмента качества и персонал: взаимосвязь, развитие. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18741>
- 2 Анализ методов оценки персонала. URL: <http://upravlenca.ru/page82/page96/index.html>
- 3 Статистика трудовых отношений в Курганской области. URL: <http://ura.ru/articles/1036266797>
- 4 Оценка по методу «360 градусов». URL: [http://www.эффективно.ru/articles/article\\_9.html](http://www.эффективно.ru/articles/article_9.html)
- 5 Принцип Парето. URL: <http://fingeniy.com/princip-pareto-zakon-pareto-pravilo-2080/>
- 6 Перегрузка сознания: как повысить креативность. URL: <http://www.freecity.lv/obrazovanie-amp-karera/274/>
- 7 Формирование лидерских качеств. Качества лидера. URL: <http://pikacho.ru/kak-stat-liderom/>

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ

УДК 681.587

**К.М. Боботков**

**Курганский государственный университет**

## ДВУХПОЗИЦИОННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос создания двухпозиционного автоматизированного стенда для комплексных испытаний трубопроводной арматуры.

**Ключевые слова:** автоматизированный стенд, поворотный модуль, комплексные испытания

**К.М. Bobotkov**

**Kurgan State University**

## TWO TEST STAND PIPE FITTINGS

**Annotation.** This article discusses the issue of establishing an automated facility for complex testing of valves

**Keywords:** automated stand, Rotary compact module, integrated tests.

В современных условиях производство запорной арматуры, как правило, разбивается на большое число операций и от качества выполнения каждой из них, в конечном счете, зависит качество готовой продукции. Процесс испытаний трубопроводной арматуры является важной составной частью производства. При больших объемах изготовления трубопроводной арматуры заводу-изготовителю необходимо провести испытания каждого изделия, что является весьма затратным во временном эквиваленте.

Внедрение испытательных стендов нового типа требует дополнительных затрат, но экономический эффект от внедрения микроконтроллеров в систему управления позволяет за относительно небольшой промежуток времени добиться полной окупаемости проекта.

Вся трубопроводная арматура в собранном виде подвергается обязательным гидравлическим испытаниям. Сначала трубопроводная арматура проверяется на прочность, затем на плотность. В первом случае производится выявление трещин, неплотностей в металле корпусов и крышек, прочности соединения корпуса и крышки. Во втором случае проверяется плотность замков (отсутствие протечек между уплотняющими кольцами корпуса и тарелки клапана или корпуса и клина по периметру уплотнения) и плотность сальникового уплотнения.

Разработка автоматизированного стенда ком-

плексных испытаний трубопроводной арматуры является актуальной задачей. При создании стенда необходимо было решить следующие задачи:

Объединить гидравлические и пневматические испытания в один испытательный комплекс;  
Создать двухпозиционный модуль рабочего поля.

Объединение гидравлических и пневматических испытаний существенно расширит область применения стенда.

Двухпозиционный модуль имеет следующие преимущества:

Возможность установки изделий или выполнения других подготовительных работ в свободной позиции во время испытаний в рабочей позиции;

Возможность разделения гидравлических и пневматических испытаний по позициям;

Возможность замены вращательного движения при смене позиций на круговое маятниковое, что значительно упрощает подвод к позициям энергетических и других коммуникаций.

На рисунке 1 показана компоновка двухпозиционного автоматизированного стенда для комплексных испытаний трубопроводной арматуры.

Время испытания согласно расчетам по сравнению с использованием двух однопозиционных модулей сокращается на 50-60%.

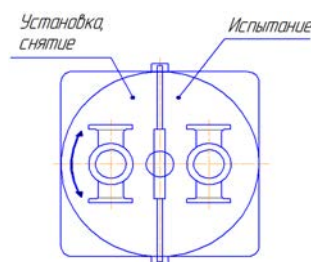


Рисунок 1 – Компоновка двухпозиционного автоматизированного стенда

Таким образом, объединение гидравлических и пневматических испытаний позволит сократить производственную площадь, применение поворотного модуля, является инновационным решением вопроса автоматизации стендов для испытания трубопроводной арматуры.

УДК 004.056.53

**А.И. Мальцев, Е.Н. Полякова**

**Курганский государственный университет**

## СПОСОБ ВЕРИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Аннотация.** Статья посвящена описанию подхода к проблеме верификации пользовате-

лей, альтернативному использованию паролей. Авторы предлагают построить систему принятия решений о принадлежности биометрических признаков конкретным пользователям на основе нейронных сетей.

**Ключевые слова:** верификация пользователей, биометрическая идентификация, нейронные сети.

*A.I. Maltsev, E.N. Polyakova*  
Kurgan state university

## METHOD OF VERIFICATION OF USERS WITH USE OF NEURAL NETWORKS

**Annotation.** Article is devoted to the description of approach to a problem of verification of users, alternative to use of passwords. Authors suggest to construct decision making system about accessory of biometric signs to specific users on the basis of neural networks.

**Key words:** verification of users, biometric identification, neural networks.

Идентификация/аутентификация пользователей являются первым рубежом защиты системы. Важность процедур верификации сложно переоценить. Применение традиционных методов не обеспечивает достаточной эффективности, поскольку они обладают рядом недостатков. В таблицах 1-3 представлены преимущества и недостатки разных способов аутентификации.

Таблица 1 – Особенности парольной аутентификации

Недостатки	Преимущества
Пароли пользователя могут быть небрежно сформированы	Простота реализации
Существуют и свободно доступны различные утилиты подбора паролей, в том числе специализированные для конкретных широко распространенных программных средств	
Пароль может быть подсмотрен или перехвачен при вводе	
Пароль может быть получен путем применения насилия к его владельцу	
Сложный пароль может быть забыт	

Таблица 2 – Особенности аутентификации с помощью уникальных предметов

Недостатки	Преимущества
Предмет может быть похищен или отнят у пользователя	Обеспечивает более серьезную защиту, чем парольная аутентификация
В большинстве случаев требуется специальное оборудование для работы с предметами	
Теоретически возможно изготовление копии или эмулятора предмета	

Таблица 3 – Особенности биометрической аутентификации

Недостатки	Преимущества
Необходимость в оборудовании для считывания биометрических характеристик	Биометрические признаки очень трудно фальсифицировать
	В силу уникальности биометрических признаков достоверность аутентификации очень высока
	Биометрический идентификатор нельзя забыть, как пароль, или потерять, как пластиковую карточку
	Для биометрической аутентификации требуется присутствие владельца биометрических признаков

Поэтому необходимо использовать более надежные методы. В настоящее время становится все более целесообразным использование методов биометрической идентификации личности (по изображению лица, по голосу, по почерку и т.д.), так как биометрические признаки очень трудно фальсифицировать в силу их уникальности. Единственным недостатком таких методов является необходимость специального оборудования для считывания биометрических характеристик. Современный уровень развития техники позволяет решить данную проблему достаточно быстро, на рынке появились недорогие устройства для считывания биометрической информации.

Применение какого-либо одного способа верификации дает ограниченный уровень надежности. Чтобы повысить эффективность, необходимо применять несколько методов одновременно. Предлагается использовать распознавание пользователей по изображению лица, по клавиатурному почерку, по характеру работы с манипулятором «мышь» [1]. Для того, чтобы работать с совокупностью методов нужны быстрые алгоритмы, поэтому в качестве классификаторов можно использовать нейронные сети с радиальным базисом (далее - РБФ сети). Выбор РБФ сетей обусловлен быстротой их обучения по сравнению с многослойными перцептронами, а также их широким применением для решения задач распознавания, где они показывают неплохие результаты [2].

Подсистема распознавания лиц требует решения следующих задач:

- захват изображения;
- предварительная обработка изображения (анализ сцен);
- фиксация вектора биометрических параметров лица;
- идентификация пользователя.

Наиболее сложными из них являются анализ сцен и считывание биометрических параметров лица. Предварительная обработка изображений включает в себя: удаление шума, выравнивание яркости, поворот снимка, приведение цветовой схемы изображения к оттенкам серого цвета. На



рисунке 1 показан пример изображения с выровненной освещенностью.

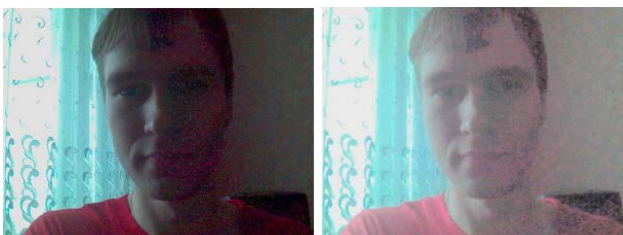


Рисунок 1 – Изображение, нормализованное при помощи гомоморфной фильтрации

Существует множество методов выбора параметров для распознавания лиц. Они отличаются друг от друга сложностью и, соответственно, достоверностью. В простейшем случае информативными параметрами выступают пиксели изображения, захватывающие область лица. Более эффективный вариант основан на использовании антропометрических точек лица, однако он предполагает усложнение процесса реализации [3]. В качестве признаков в таких методах выступают расстояния между отдельными точками лица (рисунк 2). Для получения вектора индивидуальных параметров чаще всего используются либо относительные расстояния (например, измеренные в длинах губ), либо отношения расстояний. Пример работы пилотной программы по нахождению антропометрических точек показан на рисунке 2.

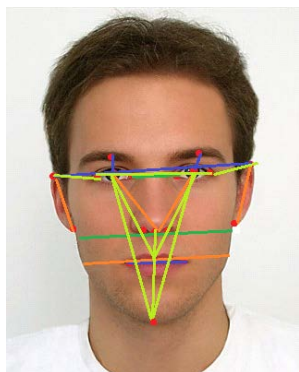


Рисунок 2 – Антропометрические характеристики лица

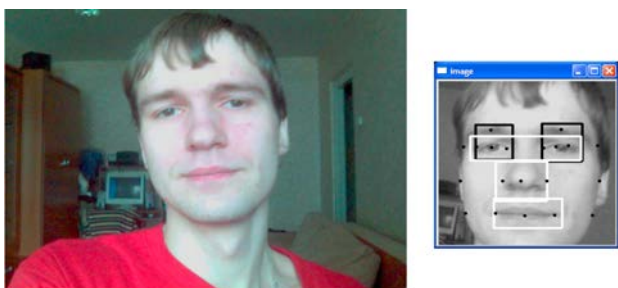


Рисунок 3 – Пример работы программы по нахождению антропометрических точек лица

Функционирование подсистемы распознавания клавиатурного почерка определяется следующими подзадачами:

- мониторинг взаимодействия пользователя с клавиатурой;

- получение вектора информативных параметров клавиатурного почерка;

- определение владельца почерка.

В качестве параметров клавиатурного почерка используются временные интервалы между нажатиями пар сочетаний клавиш и время удержания клавиш (рисунк 4). Если брать во внимание всевозможные пары сочетаний клавиш, то окажется невозможным за приемлемый промежуток получить все характеристики клавиатурного почерка. Напротив, при недостаточном числе наблюдаемых параметров существует вероятность неоднозначной верификации. Поэтому важным является вопрос выбора количества наблюдаемых пар клавиш [4].

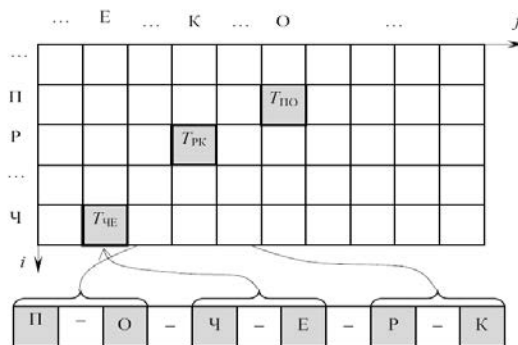


Рисунок 4 – Представление клавиатурного почерка

Вопрос идентификации личности по параметрам работы с манипулятором «мышь» недостаточно разработан, в связи с тем, что работы, посвященные его решению стали появляться лишь недавно. Он предполагает решение следующих задач:

- мониторинг взаимодействия пользователя с манипулятором «мышь»;

- получение вектора информативных характеристик движений «мыши»;

- распознавание пользователя.

Применение в качестве информативных признаков снимков траекторий указателя «мыши» нецелесообразно, так как практически каждая траектория уникальна (рисунк 5). Для распознавания пользователей по характеристикам работы с манипулятором «мышь» предлагается использовать следующие параметры: время движения манипулятора до остановки, длина траектории, средняя скорость движения указателя, время между установкой указателя и подтверждающим нажатием кнопки, время удержания кнопки на мыши, угол отклонения начального направления от кратчайшей траектории.

В рассматриваемой системе важным моментом является решение задачи распознавания образов. В качестве подсистемы, определяющей принадлежность выделенных признаков конкретному пользователю, предлагается использовать разновидность искусственных нейронных сетей – сети с радиально-базисными функциями. Такие нейронные сети успешно применяются в задачах

классификации. При этом обучение РБФ сети реализуется с помощью метода градиентного спуска, позволяющего минимизировать среднеквадратическую ошибку [2]. Отдельный вопрос, заслуживающий внимания, связан с выбором оптимальной структуры сети, включая количество слоев, от которой зависят время обучения и скорость работы, а также качество выдаваемых результатов. На структуру, повлияет общее количество пользователей системы и степень детализации наблюдаемых параметров.

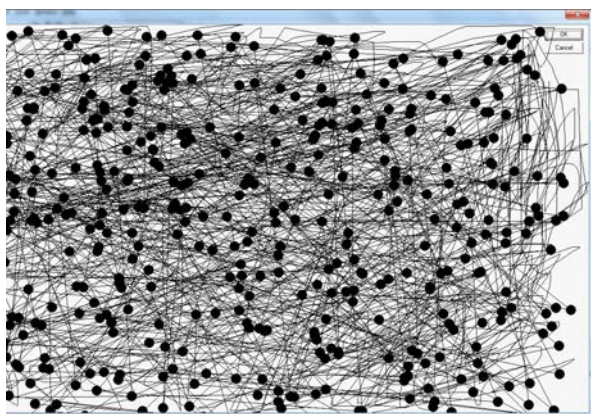


Рисунок 5 – Снимок траекторий движения «мыши»

Кроме того, открытым остается вопрос взаимодействия описанных подсистем. Наиболее простые способы его решения это:

- 1) конкатенация всех векторов параметров для последующей передачи на вход нейронной сети;
- 2) применение процедуры голосования для определения наиболее подходящего пользователя.

При этом в первом случае будет одна общая нейронная сеть, во втором – для каждой подсистемы – своя.

Описанную систему верификации можно использовать не только во время входа, но и на протяжении всего сеанса работы с системой, например, в системах дистанционного обучения в процессе выполнения контрольных тестов или заданий.

#### Список литературы

- 1 Мальцев А. И. Бесконтактная верификация пользователей // Материалы I Региональной научно-практической интернет-конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Безопасность информационного пространства». Челябинск : Изд-во Южно-Уральского государственного университета, 2011.
- 2 Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М. : Вильямс, 2006.
- 3 Кязимов Т. Г., Махмудова Ш. Д. Система компьютерного распознавания людей по фотопортретам // Информационные технологии. 2009. № 1. С. 13-16.
- 4 Брюхомицкий Ю. А., Казарин М. Н. Метод биометрической идентификации пользователя по клавиатурному почерку на основе разложения Хаара и меры близости Хэмминга // Известия ТРТУ : материалы V международной научно-практической конференции «Информационная безопасность». Таганрог : Изд-во ТРТУ. 2003. № 4(33). С. 141-149.

5 Кухарев Г. А. Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека. СПб. : Политехника, 2001.

УДК 621.839.36

**М.А. Мирчук, Д.А. Курасов, В.А. Голованев**  
Курганский государственный университет

## ПОЛУЧЕНИЕ СЕМЕЙСТВА КРИВЫХ И ОГИБАЮЩИХ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

**Аннотация.** В статье рассмотрен метод построения семейства кривых и огибающей к этому семейству. Метод реализуется с использованием общедоступного математического программного обеспечения и стандартных пакетов графических компьютерных программ.

**Ключевые слова:** семейство кривых, огибающая, некруглые зубчатые колеса, планетарная роторная гидромашина, синтез профилей зубьев.

**М.А. Mirchuk, D.A. Kurasov, V.A. Golovanev**  
Kurgan State University

## ORIGINATION A FAMILY OF CURVES AND ENVELOPES IN THE SYSTEM KOMPAS-3D

**Annotation.** This paper presents a method for constructing a family of curves and the envelope to this family. The method is implemented using the open source mathematical software packages and standard graphics software.

**Key words:** a family of curves, envelope, non-circular gears, planetary rotor pump, synthesis of teeth profiles.

Развитие новых технологий 2-D (электроэрозионной обработки, лазерной и гидроабразивной резки) и 3-D (3D-принтеры) производства, позволяет эффективно обрабатывать поверхности любой сложности. Это открывает возможности для использования механизмов, изготовление которых ранее было экономически не выгодно. К подобным объектам относятся различные зубчатые механизмы, содержащие некруглые зубчатые колеса. Для реализации упомянутых технологий необходимо располагать аналитическим или графическим описанием требуемых профилей. Эти профили, как правило, являются огибающими к соответствующему семейству кривых.

Задача получения семейства кривых характерна для геометрического синтеза элементов высших пар зубчатых передач и кулачковых механизмов. Традиционно эта задача решалась аналитически с использованием теории зубчатых зацеплений [1]. Составлялась система уравнений, полученных с использованием матричного

метода преобразования координат, к которым добавлялось, так называемое, уравнение зацеплений. Система решалась численными методами. В итоге получали массив координат точек профиля. Основными недостатками такого метода являются:

- требование высокой квалификации расчетчика;
- высокая трудоемкость процесса расчета;
- необходимость аналитического задания всех участков профиля, огибаемого объекта.

В настоящее время, благодаря развитию компьютерных технологий, задача геометрического синтеза профилей звеньев может решаться с помощью различных графических программ (например, в SolidWorks (Солидворкс) и T-FLEX). К сожалению, данные систем проектирования имеют относительно малое распространение в конструкторской среде. Самой доступной системой автоматизированного проектирования является пакет КОМПАС-3D. Нами разработана методика геометрического синтеза криволинейных профилей звеньев, основанная на использовании графического пакета КОМПАС-3D и инженерного математического программного обеспечения Mathcad.

Предлагается следующий порядок действий:

Выбираем некоторый исходный профиль «инструмента» (например, профиль сателлита планетарной роторной гидромашины (ПРГМ)) и задаем его графически (рисунок 1).

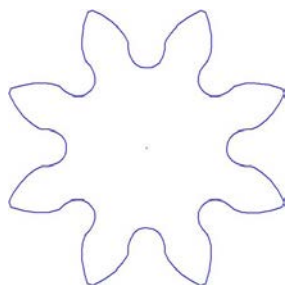


Рисунок 1 – Профиль сателлита планетарной роторной гидромашины

Выбираем закон относительного движения «инструмента» и «заготовки».

В планетарном механизме нужно найти профили двух «центральных» колес: солнечного (имеющего внешние зубья) и эпициклического (имеющего внутренние зубья). Вначале в системах координат, связанных с солнечным и эпициклическим колесами, аналитически задаем траектории центра сателлита следующими уравнениями [2]:

$$r_1 = r_0 \cdot (1 + k \cdot \cos(M \cdot \varphi_1));$$

$$r_2 = r_0 \cdot (1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi_2));$$

- где  $r_1$  и  $r_2$  – радиус-векторы траекторий;
- $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  – текущие углы в полярных координатах, связанных с соответствующими звеньями;
- $k$  – коэффициент «некруглости» траекторий;
- $r_0$  – радиус расчетной окружности (в которую вырождаются обе траектории при  $k = 0$ );

$M$  и  $N$  – коэффициенты, которые равны числам волн солнечного и эпициклического колес (в нашем примере  $M=N=2$ ).

Далее задаем угол  $\psi$  поворота мнимого водила, от шага которого зависит точность будущего изображения. Шаг следует выбирать с учетом требуемой точности, которая обеспечивается конкретным методом обработки зубчатых звеньев.

Угол  $\varphi$  поворота сателлита относительно неподвижных систем координат, связанных с солнечным и эпициклическим колесами, рассчитывают так же аналитически [2]:

$$\varphi_c = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_c}\right) \cdot \xi \cdot \int_0^{\varphi} \sqrt{(1 + k \cdot \cos(N \cdot \varphi))^2 + (N \cdot k \cdot \sin(N \cdot \varphi))^2} d\varphi$$

где  $\varphi_c$  – угол поворота сателлита относительно данного некруглого центрального колеса.

Далее формируется массив данных с использованием инженерного математического программного обеспечения Mathcad.

Массив параметров ( $r$ ,  $\psi$ ,  $\varphi$  – рисунок 2), характеризующих закон движения сателлита переводим в текстовый формат и формируем таблицу 1 в текстовом редакторе «Блокнот». В таком формате таблица 1 имеет вид – рисунок 3.

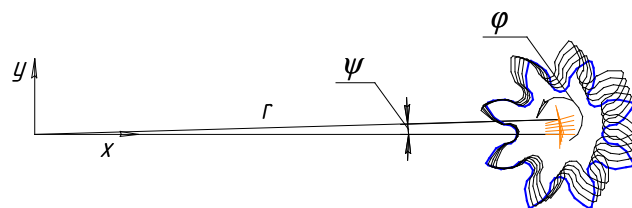


Рисунок 2 – Расчетная схема для получения семейства огибающих

Таблица 1 – Параметры, характеризующие закон движения сателлита

$r$	$\psi$	$\varphi$
34,964693	0	0
34,9644115874972	0,4	3,67658958519458
34,9635674048507	0,8	7,35313953356546
34,9621606166356	1,2	11,0296102061623
34,960191497108	1,6	14,7059619597882

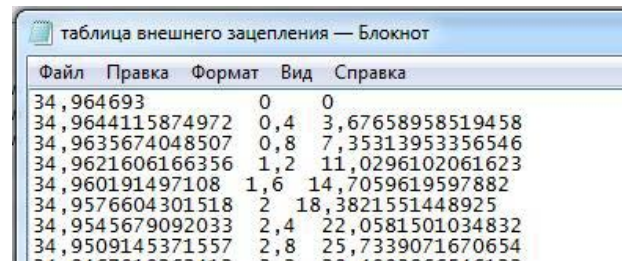


Рисунок 3 – Параметры в формате «Блокнот»

Подключаем в КОМПАС-3D специально разработанную библиотеку SwingObject (библиотека будет корректно работать в версии КОМПАС-3Dv15 и выше). Она позволяет автоматически получить семейство кривых профиля огибаемого объекта.



Алгоритм работы с библиотекой следующий:

Подключение библиотеки

– поместить библиотеку **SwingObject.rtw** в папку «Libs»;

– в КОМПАС-3D активизировать команду из основного меню «Сервис->Менеджер библиотек» – добавить описание – прикладная библиотека – выбрать **SwingObject.rtw** и добавить.

Создание объекта прокачивания

– нарисовать во фрагменте (или скопировать) нужную для исследования деталь (заготовку), объединить ее в макроэлемент;

– выделить полученный макроэлемент – в главном меню выбрать вкладку «Вставка» – далее команду «Гиперссылка» – в появившемся окне в графе адрес написать: «Объект прокачивания»;

– выбрать базовую точку (за нее объект будет «вращаться») – обозначить ее вспомогательной точкой, выделить – в контекстном меню «Вставка» выбрать команду «Гиперссылка» – в появившемся окне в графе адрес написать: «Базовая точка объекта прокачивания».

Работа библиотеки

– в менеджере библиотек открыть библиотеку «Прокачивание объекта 2D»;

– в появившемся активном окне «Прочитать модель» – выбрать таблицу для прокачивания (*специально созданный нами текстовый файл*) и «Прочитать таблицу» – далее «Прокачать модель».

В результате получаем семейство кривых профиля огибаемого объекта (см. рисунок 4)

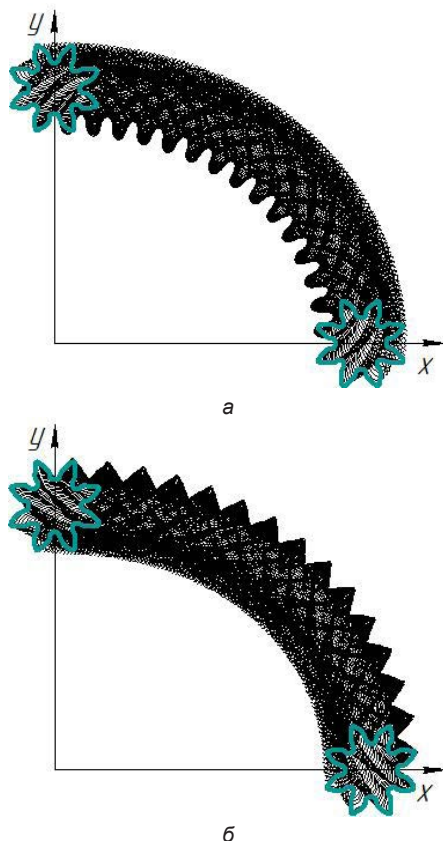
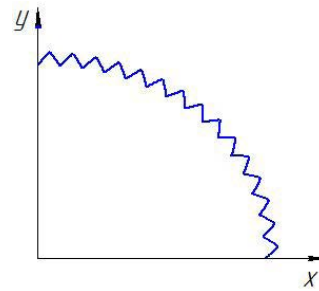
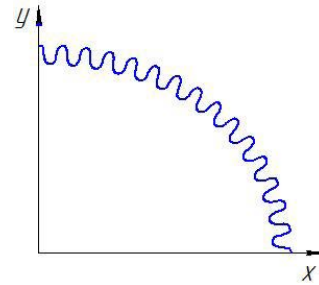


Рисунок 4 – Изображение семейства кривых профиля зубьев ПРГМ: а) солнечного колеса, б) эпицикла

Далее используя команду КОМПАС «Собрать контур» получаем профиль требуемой огибающей.



а



б

Рисунок 5 – Огибающая к семейству кривых профиля зубьев ПРГМ: а) солнечного колеса, б) эпицикла

Заключение

Предложенный метод позволяет, построить семейство кривых и огибающую к нему с помощью стандартных пакетов компьютерных программ, широко распространенных в конструкторской среде. Используя этот метод, профили некруглых зубчатых звеньев в форме необходимой для их изготовления с применением 2-D и 3-D технологий, смогут получить конструкторы самых разных машиностроительных предприятий.

Список литературы

- 1 Литвин Ф. Л. Теория зубчатых зацеплений. М. : Наука, 1968. 584 с.
2. Волков Г. Ю., Курасов Д.А., Горбунов М. В. Геометрический синтез некруглых зубчатых колес планетарной роторной гидромашины. (публикуется в этом же сборнике).

УДК 004.053

**Е.Н. Полякова**

**Курганский государственный университет**

**А.С. Дорофеева**

**Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева**

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К РЕСУРСАМ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

**Аннотация.** Рассмотрена проблема построения систем идентификации личности, основанных на интеграции множества физических или

поведенческих характеристик человека. Дается характеристика современным биометрическим технологиям, которые способны идентифицировать личность человека. Рассматриваются биометрические системы идентификации и принципы их работы. Отмечены достоинства и недостатки каждого из представленных методов.

**Ключевые слова:** защита информации, разграничение доступа, автоматизированные системы, биометрия, идентификация, аутентификация, несанкционированный доступ.

*E.N. Polyakova*

*Kurgan state university*

*A.S. Dorofeyeva*

*Kurgan state agricultural academy by*

*T.S. Maltsev*

## REVIEW OF THE MODERN SYSTEMS OF DEMARCATION OF ACCESS TO RESOURCES OF THE COMPUTING SYSTEM

**Annotation.** *The problem of creation of the systems of identification of the personality based on integrations of a set of physical or behavioral characteristics of the person is considered. The characteristic is given to the modern biometric technologies which are capable to identify the identity of the person. Biometric systems of identification and the principles of their operation are considered. Merits and demerits of each of the provided methods are marked.*

**Keywords:** information security, access demarcation, automated systems, biometry, identification, authentication, illegal access.

Беспрецедентные темпы развития и распространения информационных технологий, обострение конкурентной борьбы и криминогенной обстановки требуют создания целостной системы безопасности информации, включающей правовые, оперативные, технологические, организационные, технические, физические и эксплуатационные меры защиты информации.

В связи с расширением сферы применения средств вычислительной техники и возросшим уровнем доверия к автоматизированным системам управления и обработки информации острота проблемы обеспечения безопасности субъектов информационных отношений, защиты их законных интересов при использовании информационных и управляющих систем, хранящейся и обрабатываемой в них информации все более возрастает.

По мнению экспертов (2014 г.), существуют три основных подхода, с помощью которых применяют системы разграничения доступа к ресурсам вычислительной системы:

1 С использованием собственности - пользователь предъявляет системе некоторый физический предмет, например, виганд-карточки, ключи touch-меморю или usb – токен.

2 С использованием знаний – пользователь вводит в систему секретную фразу, например, пароль или Pin - код.

3 С использованием биометрических характеристик - пользователь предъявляет системе свои физиологические или поведенческие параметры.

При построении систем с повышенными требованиями к обеспечению безопасности используется биометрический контроль доступа. Суть биометрического контроля доступа сводится к работе (запоминание, распознавание, принятие решения) с уникальными генетическими характеристиками человека. Самое распространенное решение – это идентификация личности по биометрическим характеристикам в корпоративной сети или при запуске рабочей станции [1].

Биометрическое распознавание объекта заключается в сравнении физиологических или психологических особенностей этого объекта с его характеристиками, хранящимися в базе данных системы. Главная цель биометрической идентификации заключается в создании такой системы регистрации, которая бы крайне редко отказывала в доступе легитимным пользователям и в тоже время исключала возможность несанкционированного доступа [2; 3; 4].

Примерами физиологических характеристик являются отпечатки пальцев, форма руки, характеристика лица, радужная оболочка глаза. К поведенческим характеристикам относятся особенности или характерные черты, либо приобретенные, либо появившееся со временем (идентификация голоса, динамика подписи и нажатия на клавиши).

Несмотря на невысокую распространенность биометрических характеристик, неоспоримыми преимуществами их использования является то, что их, в отличие от собственности и знаний, невозможно намеренно передать другому, потерять или украсть. Данные свойства биометрических характеристик делают их практически идеальными для использования в качестве аутентификатора, поскольку надежность системы аутентификации напрямую зависит от возможности его попадания в руки злоумышленника.

В то же время использование биометрических характеристик в качестве идентификатора сопряжено с некоторыми трудностями. Проблема заключается в том, что в отличие от знаний и собственности предъявляемый пользователем биометрический идентификатор никогда не будет с абсолютной точностью совпадать с идентификатором из базы данных. В процессе экстракции свойств из биометрического образца они подвергаются искажению и наложению шума. Это приводит к тому, что при их поиске соответствующего биометрического идентификатора в базе данных используется не простое сравнение цифрового представ-

ления информации, а более сложный алгоритм [5].

Исходя из литературных данных, все биометрические параметры можно разделить на две группы [6]:

1 физиологические - физические характеристики человека, измеряемые в определенный момент времени;

2 поведенческие – определенные действия, совершаемые человеком на протяжении промежутка времени.

Использование отпечатков пальцев берет свое начало в конце XIX века и основывается на гипотезе Уильяма Гершеля о том, что линии на поверхности ладоней и пальцев являются уникальными для каждого человека [7; 8]. Несмотря на то, что это предположение до сих пор не имеет научного обоснования, с начала XX века и по настоящее время данный биометрический признак получил широкое распространение в целях идентификации преступников. Кроме того, сейчас он также является наиболее часто используемым биометрическим признаком для предоставления доступа к компьютерным системам (рисунок 1).



Рисунок 1 – Предоставление доступа по отпечаткам пальцев

Основные недостатки:

- отсутствие эффективной защиты от муляжей;
- необходимость «качественного» контакта пальца и передатчика;
- неустойчивость к повреждениям и загрязнениям.

Методы проверки подлинности с использованием изображения лица стали стандартом де-факто еще до широкого распространения компьютерных систем [1]. Так практически все документы, удостоверяющие личность, содержат фотографию лица аутентифицируемого субъекта (рисунок 2). Достаточно надежные системы базируются на применении нескольких камер, расположенных под разными углами и обеспечивающих формирование трехмерной модели лица. В них также используется дополнительная подсветка для снижения влияния освещения на получаемый результат. В тоже время применение таких систем обычными пользователями в повседневных условиях невозможно по причине их высокой стоимости, сложности установки и использования [9].

Современные алгоритмы способны компенсировать наличие очков, усов и бороды, а также дополнительных аксессуаров на лице исследуемого индивида даже на двумерном изображении.

Однако основной проблемой использования двумерных изображений является уязвимость к атакам с использованием муляжей. Для обмана таких систем достаточно использование фотографии субъекта. Соответственно, можно сделать вывод о том, что широкое распространение может получить только подход с использованием двумерного изображения лица в качестве идентификатора.



Рисунок 2 – Предоставление доступа по фотографии лица

Основным недостатком является то, что на результат влияет освещение, а также положение объекта в момент сканирования.

Радужная оболочка глаза является уникальной характеристикой человека. Ее рисунок формируется на восьмом месяце внутриутробного развития, окончательно стабилизируется в возрасте около двух лет и практически не измеряется в течение жизни, кроме как в результате сильных травм или резких патологий. Данный метод в настоящее время является одним из наиболее точных (рисунок 3).

Качество современных устройств получения изображения радужной оболочки в совокупности с разработанными алгоритмами позволяет достигать достаточной надежности для использования данного метода в режиме чистой идентификации [1].

Однако большая стоимость устройств, позволяющих получить качественное изображение, ограничивает их применение. Также существуют реализации систем на базе простых и дешевых цифровых фотокамер с высоким разрешением, однако их надежность является более низкой.

С точки зрения удобства для пользователя такие системы также нельзя назвать идеальными. Несмотря на то, что снимок делается практически мгновенно, пользователю необходимо занять правильное положение по отношению к считывающему устройству таким образом, чтобы расстояние до глаз составляло определенную величину. Это значение может быть различным для разных устройств, но в общем случае составляет несколько десятков сантиметров. Кроме того, как и любой другой физиологический признак, изображение радужной оболочки не защищено от копирования и воспроизведения злоумышленником. Достаточно качественное изображение радужной оболочки возможно получить с помощью фотографии, а затем использовать в системе, не предусматривающей физической контроль процедуры проверки.



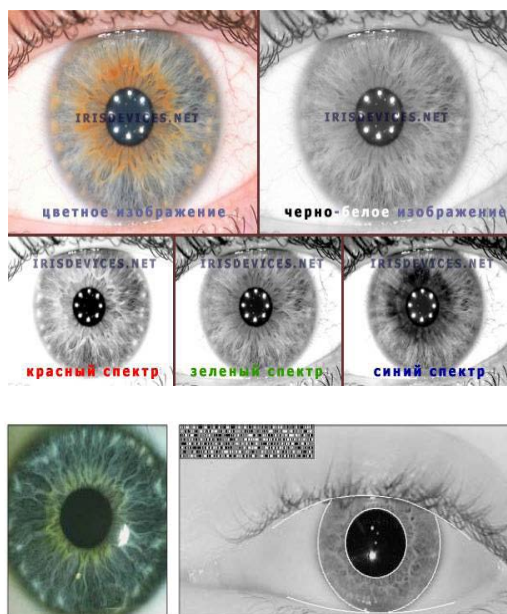


Рисунок 3 – Идентификация по радужной оболочке глаз

Основные недостатки:

- высокая стоимость оборудования;
- требует довольно много места для размещения;
- возможность подделки изображения радужной оболочки глаза с помощью высококачественных фотоснимков, макетов глаза и иных приспособлений и как следствие повышение ошибок идентификации.

Рукописная подпись – один из классических способов проверки личности, применяемый уже несколько столетий. Относительно долгая история использования подписи обеспечивает лояльность со стороны общества к этому биометрическому параметру (рисунок 4).



Рисунок 4 – Идентификация по рукописной подписи

Существует два подхода к использованию подписи:

1 Статический, при котором сравниваются изображения подписей. Он является классическим и выполняется человеком на протяжении нескольких столетий.

2 Динамический, при котором используются сведения о колебаниях пишущего пера, силе нажатия, наклоне пера как функции времени. Данный современный подход возможен исключительно для использования компьютерными системами [10].

Уникальность использования подписи в качестве биометрического аутентификатора заключа-

ется в возможности смены аутентификатора по желанию пользователя. Это полезно, если она все же будет каким-либо образом скомпрометирована. Таким образом, подпись можно рассматривать как гибридный подход с использованием знаний и биометрических характеристик [4].

Большим преимуществом является то, что при использовании динамического подхода злоумышленник не может скопировать подпись, за исключением случаев, когда информация о динамике воспроизведения передается по незащищенным каналам связи. Повторить подпись с теми же характеристиками невозможно даже в том случае, если злоумышленник неоднократно наблюдал процесс ее воспроизведения.

Недостатком является то, что в существующих системах, применяющих динамический подход, пользователю приходится расписываться пером графического планшета, которое достаточно сильно отличается от привычной авторучки.

Идентификация человека по голосу также является одним из традиционных способов распознавания, применяемым повсеместно (рисунок 5). Использование голоса является одним из наиболее удобных для пользователя методов. Произнесение требуемой фразы не требует непосредственного контакта пользователя с каким-либо элементом системы. Встроенные устройства звукозаписи присутствуют практически во всех моделях ноутбуков и других цифровых устройствах. В целом можно говорить о том, что по стоимости и удобству данный метод определенно можно назвать наиболее привлекательным.

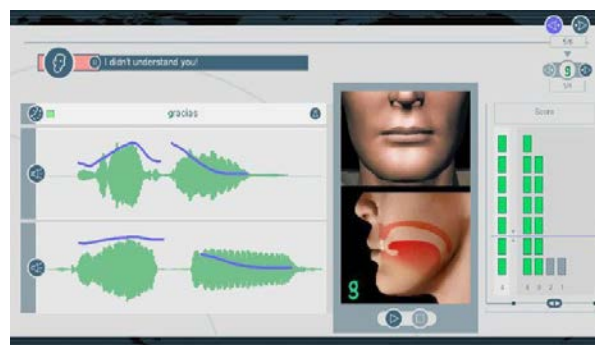


Рисунок 5 – Идентификация по голосу

Несмотря на данные преимущества, голосовые методы обладают невысокой надежностью. Негативно на ней сказывается еще и то, что голос меняется с возрастом, а также при различных заболеваниях и нарушениях в организме. Как и в случае с подписью, применение голосового метода в реальной системе не является чисто биометрическим. Пользователю также необходимо знать парольную фразу. Однако в отличие от случая с подписью, в данном методе это является существенным минусом, поскольку злоумышленник может легко подслушать ее во время процедуры. Более того не существует особых преград для того, чтобы записать и в дальнейшем использовать реальную голосовую запись для получения

несанкционированного доступа [11]. Таким образом, можно говорить о том, что использование голоса возможно в современных биометрических системах исключительно в роли идентификатора.

Распознавание по рисунку вен руки (рисунок 6) является новой технологией, и в связи с этим ее удельный вес на мировом рынке невелик и составляет около 3%. Несмотря на это данный метод имеет ряд преимуществ перед уже зарекомендовавшими себя.

Инфракрасная камера делает снимки внешней или внутренней стороны руки. Рисунок вен формируется благодаря тому, что гемоглобин крови поглощает ИК-излучение. В результате, степень отражения уменьшается, и вены видны на камере в виде черных линий. Специальная программа на основе полученных данных создает цифровую свертку. Технология сравнима по надёжности с распознаванием по радужной оболочке глаза.

Основные преимущества метода идентификации по рисунку вен ладони:

1. Уникальность рисунка вен у каждого человека.

Учитывая то, что сложный рисунок вен у каждого человека уникален и представляет собой множество всевозможных свойств и признаков такую систему идентификации очень сложно подделать, благодаря этому гарантируется высокая степень защищенности.

2. Сложность подмены источника, т.к. вены находятся внутри человеческой руки. Кроме того, эту характеристику очень затруднительно получить от человека «на улице», например, сфотографировав его фотоаппаратом.

3. Минимум влияния сторонних факторов.

Например, идентификация по отпечатку пальца может быть затруднена вследствие пореза, стирания кожного покрова с «рисунком» или даже по банальной причине сухости кожи в этом месте.

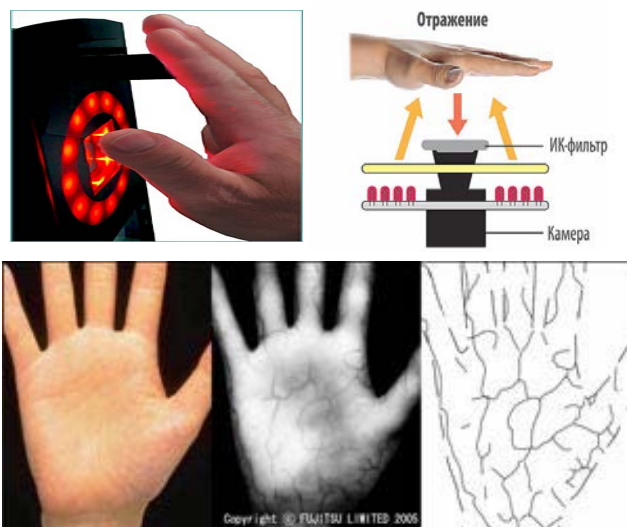


Рисунок 6 – Идентификация по рисунку вен ладони

4. Бесконтактность – очередной плюс данной технологии, поскольку вопрос гигиены в этом слу-

чае остается закрытым. Таким образом, данную технологию можно использовать в медицинских учреждениях.

5. Простота - интерфейс пользователя способствует максимальной простоте восприятия.

6. Позволяет различить близнецов.

Основным недостатком является недопустимая засветка сканера солнечными лучами и лучами галогенных ламп.

В настоящее время, на рынке современного оборудования, в сфере информационной безопасности, распространены системы (средства) аутентификации. Самыми распространенными и широко используемыми на практике, в настоящее время, являются системы электронных ключей и идентификаторы (рисунок 7) [12, 13].



Рисунок 7 – Электронные идентификаторы

Более 20 лет Компания «Актив» является ведущим разработчиком программно-аппаратных средств информационной безопасности, а также самым крупным производителем электронных ключей и идентификаторов в России. Официальный год основания - 1994, но свою историю компания ведет с 1989 года.

Уже в начале 2000-х началось производство средств аутентификации Рутокен, которые используются в массовых коммерческих и государственных проектах. Данные средства применяются для строгой аутентификации пользователей, защиты электронной переписки, организации защищенного удаленного доступа, в системах дистанционного обслуживания и системах контроля физического доступа, а также для решения других задач. Ключевые носители Рутокен используются практически везде, где требуется безопасное хранение и использования паролей, цифровых сертификатов, ключей шифрования и ключей электронной подписи.

Электронные идентификаторы представлены во всех возможных форм-факторах: от стандартного USB-токена или смарт-карты до Bluetooth устройств [14].

Компания «Актив» обладает всеми необходимыми лицензиями на разработку средств защиты информации, а устройства Рутокен сертифицированы на соответствие требованиям ФСБ и ФСТЭК [13].

Данные устройства позволяют быстрее и эффективнее обучить персонал способам безопасного доступа к информационным ресурсам и защите переписки и документов.

В настоящее время актуальной задачей в об-



ласти информационной безопасности является обнаружение уязвимостей и оценка уровня защищенности компьютерных систем. Современные системы разграничения доступа предназначены для проверки защищаемой системы на соответствие заданной системой конфигурации и политике безопасности, определение уязвимостей для их дальнейшего устранения и уменьшения рисков, вызванных наличием данных уязвимостей.

Проанализировав ситуацию, можно выделить следующие основные факторы, влияющие на применимость того или иного биометрического метода:

1 Стоимость оборудования для получения требуемой биометрической характеристики.

2 Возможность подделки биометрического образа злоумышленником.

3 Удобство, которое складывается из среднего времени, занимаемого процедурой, и перечнем действий, совершаемых в ее процессе.

4. Отношение общества к использованию данной характеристики.

Согласно литературным данным ежегодного обзора компьютерной преступности на одних из первых мест по размеру ущерба находится неавторизованный доступ к данным и кража конфиденциальных данных. Современные системы позволяют с высокой степенью вероятности определить подлинность пользователя, либо удаленного узла. Данные системы предназначены для однозначного определения субъекта доступа и его полномочий по отношению к конкретному ресурсу. Надежная система идентификации, аутентификации и управления доступом внедренная в информационную систему позволяет защитить данные от любого несанкционированного доступа.

Требования к механизму идентификации и аутентификации пользователей задаются действующим сегодня нормативным документом «Гостехкомиссия России. Руководящий документ. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от НСД к информации» [15]. Данный документ устанавливает классификацию средств вычислительной техники по уровню защищенности от несанкционированного доступа к информации на базе перечня показателей защищенности и совокупности описывающих их требований.

На сегодняшний день средства защиты информации, представленные на рынке современного оборудования, сильно различаются, причем не только по набору механизмов защиты, но и по реализованным в них подходам к построению механизмов защиты. Отсутствие же методологической основы оценки эффективности средств защиты конфиденциальной информации, выражаемой в совокупности уточненных, применительно к современным условиям, требований к их реализации, не позволяет потребителю, не имеющему профессиональной подготовки в данной области

знаний, осуществить объективное сравнение различных средств защиты.

#### Список литературы

- 1 Островский А. А., Жариков Д. Н. Биометрическая аутентификация // *Материалы XIV Региональной конференции молодых исследователей Волгоградской области*. 2009. С. 43.
- 2 Кухарев Г. А. *Биометрические системы: Методы и средства идентификации личности человека*. СПб. : Политехника, 2001. 240 с.
- 3 Лысак А. Б. *Идентификация и аутентификация личности: обзор основных биометрических методов проверки подлинности пользователя компьютерных систем // Математические структуры и моделирование*. 2012. Вып.26. С.124-134.
- 4 *Руководство по биометрии*. М. : Техносфера, 2007. 368 с.
- 5 Михайлов С. Ф. *Информационная безопасность. Защита информации от несанкционированного доступа в автоматизированных системах : учебное пособие*. М. : МИФИ, 2010.
- 6 Иванов А. И. *Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений : монография*. Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2000. 188 с.
- 7 Малыгин А. Ю. *Нейросетевые преобразователи биометрических образов человека в код его личного криптографического ключа : монография / А. Ю. Малыгин [и др.]; под ред А. Ю. Малыгина*. М. : Радиотехника, 2008. 88 с.
- 8 Слесивцев А. В., Вегнер В. А., Крутяков А. Ю. и др. *Защита информации в персональных ЭВМ*. М. : Радио и связь, ВЕСТА, 1999.
- 9 *Сканеры отпечатков пальцев. Классификация и способы реализации*. URL: <http://www.habrahabr.ru/post/116458/> (дата обращения: 05.01.2015).
- 10 Ложников П. С., Еременко А. В. *Идентификация личности по рукописным паролям // Мир изменений*. 2009. №4. С. 1-13.
- 11 Жариков Д. Н., Лукьянов В. С., Островский А. А. *Применение технологии неграфических вычислений при создании биометрических систем идентификации личности по голосу, рукописному почерку и геометрии лица // Информационные технологии моделирования и управления*. 2009. Т. 57. Вып. 5. С. 698-705.
- 12 Сарбуков А., Груш А. *Аутентификация в компьютерных системах // Системы безопасности*. 2003. №5. С. 53.
- 13 Rutoken. *Российское средство аутентификации*. URL: <http://www.rutoken.ru/> (дата обращения: 21.10.2016).
- 14 Дихунян В. Л., Шаньгин В. Ф. *Электронная идентификация. Бесконтактные электронные идентификаторы и смарт-карты*. М. : ООО «Издательство АСТ» : Изд-во «ИТ Пресс», 2004. С. 38-44.
- 15 *Гостехкомиссия России. Руководящий документ. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от НСД к информации*. М., 1992.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абабкова Анастасия Александровна** – аспирант, Курганский государственный университет, Курган
- Боботков Константин Михайлович** – магистрант, Курганский государственный университет, Курган
- Бубнов Валерий Андрианович** – доктор технических наук, профессор, Курганский государственный университет, Курган
- Брюхов Анатолий Владимирович** – заместитель директора по общим вопросам ФБУ Государственный региональный центр стандартизации метрологии и испытаний в Курганской области, Курган
- Бурцев Александр Олегович** – магистрант, Курганский государственный университет, Курган
- Галкин Александр Геннадиевич** – доктор технических наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург
- Голованев Валерий Алексеевич** – инженер-программист, Курган
- Головко Александр Павлович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Горбунов Михаил Владимирович** – аспирант, Курганский государственный университет, Курган
- Давыдов Александр Константинович** – кандидат химических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Долгорсурэн Марк Майнбаярович** – магистрант, Курганский государственный университет, Курган
- Дорофеева Анжелика Сергеевна** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева, Курган
- Жаров Сергей Петрович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Зенькевич Андрей Васильевич** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Казачков Сергей Иванович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Камкин Иван Павлович** – ассистент, Курганский государственный университет, Курган
- Квасов Игорь Николаевич** – кандидат экономических наук, профессор, Омский государственный технический университет, Омск
- Киселев Сергей Александрович** – аспирант, Курганский государственный университет, Курган
- Князев Андрей Николаевич** – инженер-конструктор ООО «Кварк-Привод», Курган
- Колмаков Станислав Витальевич** – ГБУДО «Детско-юношеский центр», Курган
- Котельников Всеволод Глебович** – инженер, Курган
- Костенко Сергей Григорьевич** – кандидат технических наук, доцент, Курганского государственного университета, Курган
- Кравченко Ирина Викторовна**, аспирант Уральского государственного университета путей – сообщения, преподаватель Курганского института путей сообщения – филиала ФГБОУ ВПО УрГУПС, Курган
- Крохмаль Николай Николаевич** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган.
- Крошина Алиса Олеговна** – студент, Курганский государственный университет, Курган
- Курасов Дмитрий Алексеевич** – кандидат технических наук, доцент Курганский государственный университет, Курган
- Лисихин Иван Валерьевич** – аспирант, Курганский государственный университет, Курган
- Марфицын Владимир Петрович** – заместитель директора по научно-исследовательской и конструкторской работе, Общество с ограниченной ответственностью «ДЕЛЬТА», Курган
- Марфицын Сергей Владимирович** – директор, Общество с ограниченной ответственностью «ДЕЛЬТА», Курган
- Михайлов Василий Владимирович** – инженер, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Мирчук Мария Александровна** – аспирант, Курганский государственный университет, Курган
- Моисеев Олег Юрьевич** – доктор транспорта, генеральный директор ООО «Мостпроект», Курган
- Мошкин Владимир Иванович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Низавитин Сергей Сергеевич** – инженер Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Овчинников Игорь Георгиевич** – доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь
- Овчинников Илья Игоревич** – кандидат технических наук, доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Сочинский филиал, Сочи
- Орлов Валерий Николаевич** – кандидат технических наук, профессор Курганский государственный университет, Курган
- Парышев Дмитрий Николаевич** – генеральный директор ЗАО «Курганстальмост», Курган
- Переладов Александр Борисович** – кандидат технических наук, доцент Курганский государственный университет, Курган.
- Перельгина Анжела Анатольевна** – студентка, Курганский государственный университет, Курган
- Полякова Елена Николаевна** – кандидат педагогических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Попов Игорь Павлович** – инженер Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Родионов Сергей Сергеевич** – кандидат технических наук, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Сабуркин Леонид Никтополионович** – учебный мастер Курганский государственный университет, Курган
- Самуйлов Валерий Михайлович** – доктор технических наук, профессор Уральского государственного университета путей сообщения Екатеринбург
- Тверсков Борис Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Троценко Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент, Курганский государственный университет, Курган
- Тютрин Сергей Геннадьевич** – кандидат технических наук, Курганский государственный университет, Курган
- Угаров Геннадий Григорьевич** – доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Саратов
- Харин Валерий Васильевич** – заместитель директора по научной работе и инновационному развитию Курганского института железнодорожного транспорта – филиала ФГБОУ ВПО УрГУПС, Курган
- Чарыков Виктор Иванович** – доктор технических наук, профессор, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган
- Чумаков Владимир Геннадьевич** – доктор технических наук, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган

**Шабуров Александр Николаевич** – аспирант, Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган

**Шеццов Игорь Викторович** – кандидат технических наук, доцент Курганская государственная сельскохозяйственная академия им. Т.С. Мальцева, Курган

#### AUTHORS

**Ababkova Anastasia Aleksandrovna** – a postgraduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Bobotkov Konstantin Mikhailovich** – a graduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Bubnov Valery Andrianovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Bryukhov Anatoly Vladimirovich** – the Associate Director, Kurgan State Regional Center of Standardization, Metrology and Testing, Kurgan

**Burtsev Alexandr Olegovich** – a graduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Volkov Gleb Yuryevich** – Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Galkin Alexandr Gennadievich** – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg

**Golovanev Valery Alexeyevich** – a programming engineer, Kurgan

**Golovko Alexandr Pavlovich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Gorbunov Mikhail Vladimirovich** – a postgraduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Davydov Alexandr Konstantinovich** – Ph.D. in Chemical Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Dolgosuren Mark Maynbayarovich** – a graduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Dorofeyeva Anjelica Sergeevna** – Ph.D. in Agricultural Sciences, Associate Professor, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Zharov Sergey Petrovich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Zenkevich Andrey Vasilyevich** – a student, Kurgan State University, Kurgan

**Kazakov Sergey Ivanovich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Kamkin Ivan Pavlovich** – a Teaching Assistant, Kurgan state University, Kurgan

**Kvasov Igor Nicolayevich** – Ph.D. in Economics, Professor, Omsk State Technical University, Omsk

**Kiselev Sergey Alexandrovich** – a postgraduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Knyazev Andrey Nicolayevich** – a construction engineer, ООО Quark –Privod (Limited liability company), Kurgan

**Kolmakov Stanislav Vitalyevich** – a lecturer, the Children and Youth Centre, Kurgan

**Kotelnikov Vsevolod Glebovich** – Engineer, Kurgan

**Kostenko Sergey Grigoryevich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Kravchenko Irina Viktorovna** – graduate student Ural state University of railway transport (USURT), Kurgan

**Krokhmal Nikolay Nikolayevich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Kroshina Alisa Olegovna** – a student, Kurgan State University, Kurgan

**Kurasov Dmitriy Alekseyevich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Lisykhin Ivan Valeryevich** – postgraduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Marfitsyn Vladimir Petrovich** – Deputy Director for Scientific Research and Design, DELTA, LLC, Kurgan

**Marfitsyn Sergey Vladimirovich** – Director, DELTA, LLC, Kurgan.

**Mikhailov Vasily Vladimirovich** – Engineer, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Mirchuk Maria Alexandrovna** – postgraduate student, Kurgan State University, Kurgan

**Moiseev Oleg Yuryevich** – Doctor of Transport, General Director of LLC “Mostproekt”, Kurgan

**Moshkin Vladimir Ivanovich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Nizavitin Sergey Sergeevich** – Engineer of the Department of Tractors and Agricultural Machinery, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Ovchinnikov Igor Georgievich** – Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Chair “Roads and Bridges”, Perm National Research Polytechnic University, Perm

**Ovchinnikov Ilya Igorevich** – Moscow State Automobile and Road Technical University (MADI), Sochi branch, Ph. D., Associate Professor of the Chair «Transport construction», Saratov, Russia

**Orlov Valery Nikolayevich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Paryshev Dmitriy Nikolaevich** – General Director, CJSC “Kurganstalmost”, Kurgan

**Pereladov Alexander Borisovich** – Ph.D. in Engineering Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Perelyghina Angela Anatolyevna** – a student, Kurgan State University, Kurgan

**Polyakova Elena Nikolaevna** – Ph.D. in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Popov Igor Pavlovich** – Engineer, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Rodionov Sergey Sergeevich** – Ph.D. in Technical Sciences, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Saburkin Leonid Niktopolionovich** – Laboratory Instructor in the Chair of Engineering and Automation of the Welding Production, Kurgan State University, Kurgan

**Samuylov Valeriy Mikhaylovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Ural state University of Railway Transport, Ekaterinburg

**Tverskov Boris Mihailovich** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Trotsenko Dmitry Alexandrovich** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Kurgan State University, Kurgan

**Tyutrin Sergey Gennadievich** – Ph.D. in Technical Sciences, Kurgan State University, Kurgan

**Ugarov Gennady Grigoryevich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

**Kharin Valeriy Vasilyevich** – Deputy Director of Scientific Work and Innovative Development of the Kurgan Institute of Railway Transport – a branch of fsbei HPE USURT, Ekaterinburg

**Charykov Victor Ivanovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Chumakov Vladimir Gennadievich** – Doctor of Technical Sciences, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Shaburov Alexandr Nikolayevich** – postgraduate student, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

**Shevtsov Igor Viktorovich** – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Kurgan State Agricultural Academy by T.S. Maltsev, Kurgan

# СОДЕРЖАНИЕ

## ИСТОРИЯ УНИВЕРСИТЕТА В ЛИЦАХ

**С.Г. Костенко**

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА .....3

## ИСТОРИЯ ЗАУРАЛЬЯ В ЛИЦАХ

**В.А. Бубнов**

БАЛАКШИНЫ. В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ КООПЕРАЦИИ, МАШИНОСТРОЕНИИ, НАУКЕ И ОБРАЗОВАНИИ .....6

## МАШИНОВЕДЕНИЕ И ДЕТАЛИ МАШИН

**Г.Ю. Волков, С.А. Киселев**

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗУБЧАТЫХ ВЕНЦОВ НЕСТАНДАРТНОЙ ФОРМЫ .....21

**Г.Ю. Волков, Д.А. Курасов, М. В. Горбунов**

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НЕКРУГЛЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ПЛАНЕТАРНОЙ РОТОРНОЙ ГИДРОМАШИНЫ .....23

**С.И. Казаков**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ БОЛТО-СВАРНЫХ РЕШЕТЧАТЫХ МОСТОВ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТРУБЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ .....27

**С.В. Колмаков**

ФРИКЦИОННАЯ ПЛАНЕТАРНАЯ ПЕРЕДАЧА ТИПА K-V-V .....30

**В.Г. Котельников, Г.Ю. Волков,**

ВЕЛОСИПЕД ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ .....34

**Н.Н. Крохмаль**

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОНЯТИЯ ГРУППЫ АССУРА В ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН .....37

**О.Ю. Моисеев, Д.Н. Парышев, И.Г. Овчинников, В.В. Харин, И.И. Овчинников**

ПРЯМЫЕ ТРУБОБЕТОННЫЕ БАЛКИ С АСИММЕТРИЧНЫМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫМ БЕТОННЫМ ЯДРОМ ДЛЯ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МАЛЫХ МОСТОВ .....39

**Б.М. Тверсков**

КАРДАНЫЕ ШАРНИРЫ .....41

**Д.А. Троценко, И.А. Тараторкин, И.В. Лисихин, А.К. Давыдов**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ УШИРИТЕЛЕЙ ТРАКОВ БОЛОТОХОДА .....45

**С.Г. Тютрин, Л.Н. Сабуркин**

РЕМОНТ ШАТУНА КОСИЛКИ КС-2,1 ПО РЕЗУЛЬТАТАМ КОНТРОЛЯ УСТАЛОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ .....50

**С.Г. Тютрин**

ПРИМЕНЕНИЕ ОЛОВЯННОЙ ФОЛЬГИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ БЕСЧИСЛЕННОМ МНОЖЕСТВЕ ЦИКЛОВ НАГРУЖЕНИЯ .....55

## ТРАНСПОРТ

**А.А. Абабкова**

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ В ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ .....59

**М.М. Долгорсурэн, С.П. Жаров**

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕТИ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ .....62

**М.М. Долгорсурэн, А.О. Бурцев, С.П. Жаров**

ОЦЕНКА РАБОТЫ СКЛАДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПРОЦЕССЕ АВТОСЕРВИСНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ .....66

**М.М. Долгорсурэн, С.П. Жаров**

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТ ПО ЗАМЕНЕ МАСЕЛ В ДВИГАТЕЛЯХ НА АТП .....71

**А.В. Зенькевич, А.О. Крошина**

СТЕНД КОНТРОЛЯ ПРОМЫВКИ ФОРСУНОК УЛЬТРАЗВУКОМ .....74

**И.Н. Кеасов**

К ВОПРОСУ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА ПРИРОДНЫЙ ГАЗ В ОМСКОЙ ОБЛАСТИ .....75

**В.М. Самуйлов, А.Г. Галкин, И.В. Кравченко, В.В. Харин, Д.Н. Парышев**

КЛАСТЕРНЫЙ ПОДХОД К РАЗВИТИЮ ЛОГИСТИКО-ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ .....80



## **ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**В.И. Мошкин, Угаров Г.Г.**

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ДВИГАТЕЛЯ  
В ПРИВОДЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....84

**И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов, И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов**  
УПРУГАЯ ЕМКОСТЬ В ЦЕПИ ПИТАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ .....87

**В.И. Чарыков, А.Н. Шабуров, И.П. Попов**  
РЕГУЛИРУЕМЫЙ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ .....89

## **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**В.А. Бубнов, А.Н. Князев**

ТИТАН И ЕГО СПЛАВЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....92

**С.В. Марфицын, В.П. Марфицын**

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИНОМОВ ЧЕБЫШЕВА 1-ГО РОДА ДЛЯ ОПИСАНИЯ УСТОЙЧИВЫХ  
СОСТОЯНИЙ МЕТАЛЛА ПРИ ПОСТОЯННЫХ И ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ.....96

**А.Б. Переладов, И.П. Камкин**

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФОРМЫ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ  
ИЗНОШЕННОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА .....99

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

**И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов, И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов**  
РЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ .....102

**И.П. Попов, В.Г. Чумаков, С.С. Родионов, И.В. Шевцов, С.С. Низавитин, В.В. Михайлов**  
ДИССИПАТИВНАЯ МОЩНОСТЬ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ ПОТЕРЯМИ В ЗЕРНОВОМ ВОРОХЕ  
ПРИ РЕШЕТНОЙ СЕПАРАЦИИ.....103

## **ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**А.П. Головки**

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ СМЫСЛА ТЕКСТА НА ПРИМЕРЕ  
ОТЧЕТОВ О ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЯХ.....106

**А.А. Перелыгина, В.Н. Орлов, А.В. Брюхов**

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАЧЕСТВ СОТРУДНИКОВ ЭКСПЕРТНЫМ МЕТОДОМ .....112

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТ**

**К.М. Боботков**

ДУХПОЗИЦИОННЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ .....117

**А.И. Мальцев, Е.Н. Полякова**

СПОСОБ ВЕРИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....117

**М.А. Мирчук, Д.А. Курасов, В.А. Голованев**

ПОЛУЧЕНИЕ СЕМЕЙСТВА КРИВЫХ И ОГИБАЮЩИХ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D .....120

**Е.Н. Полякова, А.С. Дорофеева**

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА К РЕСУРСАМ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ.....122

# CONTENTS

## THE HISTORY OF THE UNIVERSITY IN FACES

**S.G. Kostenko**

TECHNOLOGICAL FACULTY YESTERDAY, TODAY, TOMORROW .....3

## THE HISTORY OF ZAURAL REGION IN FACES

**V.A. Bubnov**

THE BALAKSHINS IN AGRICULTURAL COOPERATION, MECHANICAL ENGINEERING,  
SCIENCE AND EDUCATION .....6

## ENGINEERING SCIENCE AND CARS DETAILS

**G.Y. Volkov, S.A. Kiselev.**

METHOD OF PRODUCTION OF NONSTANDARD FORM TOOTHED RIMS .....21

**G.Y. Volkov, D.A. Kurasov, M.V. Gorbunov**

GEOMETRICAL SYNTHESIS OF NON-CIRCULAR TOOTH GEAR OF THE PLANETARY  
ROTOR HYDRAULIC UNIT .....23

**S.I. Kazakov**

IMPROVING THE DESIGN OF BOLT WELDED LATTICE BRIDGES THROUGH TUBE ELEMENTS  
USAGE .....27

**S.V. Kolmakov**

THE K-V-V FRICTION PLANETARY GEAR .....30

**V.G. Kotelnikov, G.Y. Volkov**

LUXURY BIKE .....34

**N.N. Krokhmal**

CRITICAL ANALYSIS OF ASSUR GROUP DEFINITION IN THE THEORY OF MACHINES AND  
MECHANISMS .....37

**O.Yu. Moiseev, D.N. Paryshev, I.G. Ovchinnikov, V.V. Kharin, I.G. Ovchinnikov**

STRAIGHT TUBE CONFINED CONCRETE BEAMS WITH ASYMMETRIC PRESTRESSED CONCRETE  
CORE FOR SUPERSTRUCTURES OF SMALL BRIDGES .....39

**B.M. Tverskov**

UNIVERSAL JOINTS .....41

**D. A. Trotsenko, I.A. Taratorkin, I.V. Lisihin, A.K. Davydov**

INVESTIGATION OF CYCLIC PERFORMANCE EXPANDERS TRUCKEE SWAMP BUGGIES .....45

**S.G. Tyutrin, L.N. Saburkin**

REPAIR OF CONNECTING ROD OF THE MOWER "KC – 2,1" ACCORDING TO FATIGUE GAGES  
CONTROL RESULTS .....50

**S.G. Tyutrin,**

THE TIN FOIL APPLICATION FOR DETERMINING THE STRESSES IN A COUNTLESS NUMBER  
OF LOADING CYCLES .....55

## TRANSPORT

**A. A. Ababkova**

WAYS OF INCREASE OF ENERGY USAGE EFFICIENCY IN VEHICLES .....59

**M.M. Dolgorsuren, S.P. Zharov**

DEVELOPMENT TRENDS OF FILLING STATION CHAIN .....62

**M.M. Dolgorsuren, A.O. Burtsev, S.P. Zharov**

PERFORMANCE EVALUATION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT PARTS  
DEPOT IN MANUFACTURING ACTIVITY OF CAR SERVICE CENTRE .....66

**M.M. Dolgorsuren, S.P. Zharov**

THE ENGINE OIL CHANGE EFFICIENCY UPGRADING AT AN AUTO-TRANSPORT ENTERPRISE .....71

**A.V. Zenevich, A.O. Kroshina**

INSPECTION STAND FOR ULTRASOUND POPPING OF INJECTOR .....74

**I.N. Kvasov**

TO THE QUESTION OF A MOTOR VEHICLES CONVERSION TO A NATURAL GAS FUEL  
IN OMSK REGION .....75

**V.M. Samuylov, A.G. Galkin, I.V. Kravchenko, V.V. Kharin, D.N. Paryshev**

CLUSTER APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF THE LOGISTIC AND INDUSTRIAL SECTOR  
IN KURGAN REGION .....80

## ENGINEERING AND ELEKTRICAL ENGINEERING

**V.I. Moshkin, G.G. Ugarov**

DUTY RATING OF ELECTROMAGNETIC MOTOR IN THE DRIVE SYSTEM OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT.....84

**I.P. Popov, V.G. Chumakov, S.S. Rodionov, I.V. Shevtsov, S.S. Nizavitin, V.V. Mikhailov**

RESILIENT CAPACITY OF A PIEZOELECTRIC TRANSDUCER POWER SUPPLY CIRCUIT .....87

**V.I. Tcharykov, A.N. Chaburov, I.P. Popov**

ADJUSTABLE HIGH VOLTAGE CONVERTER.....89

## MATERIALS SCIENCE AND MECHANICAL ENGINEERING

**V.A. Bubnov, A.N. Knyazev**

TITANIUM AND ITS ALLOYS IN MECHANICAL ENGINEERING.....92

**S.V. Marfitsyn, V.P. Marfitsyn**

THE USE OF CHEBYSHEV'S POLYNOMIALS OF THE FIRST TYPE FOR A DESCRIPTION OF THE STEADY-STATE CONDITIONS OF METAL UNDER CONSTANT AND VARIABLE LOADING.....96

**A.B. Pereladov, I.P. Kamkin**

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE WORKING SURFACE SHAPE OF THE SHOPWORN GRINDING WHEEL.....99

## FOOD PROCESSING TECHNOLOGICAL EQUIPMENT

**I.P. Popov, V.G. Chumakov, S.S. Rodionov, I.V. Shevtsov, S.S. Nizavitin, V.V. Mikhailov**

SIEVE GRAIN CLEANER REACTIVE POWER .....102

**I.P. Popov, V.G. Chumakov, S.S. Rodionov, I.V. Shevtsov, S.S. Nizavitin, V.V. Mikhailov**

DISSIPATION POWER CAUSED LOSSES IN GRAIN HEAP SIEVE IN SEPARATION.....103

## ECOLOGY AND HEALTH AND SAFETY

**A.P. Golovko**

THE AUTOMATIC MEANING RECOGNITION OF NATURAL LANGUAGE TEXTS IN THE CONTEXT OF THE INDUSTRIAL ACCIDENTS REPORTS .....106

**A.A. Perelygina, V.N. Orlov, A.V. Bryukhov**

ASSESSMENT OF STAFF COMPETENCIES WITH EXPERT METHOD .....112

## DESIGNING AND EXPERIMENT

**K.M. Bobotkov**

TWO TEST STAND PIPE FITTINGS.....117

**A.I. Maltsev, E.N. Polyakova**

METHOD OF VERIFICATION OF USERS WITH USE OF NEURAL NETWORKS.....117

**M.A. Mirchuk, D.A. Kurasov, V.A. Golovanev**

ORIGINATION A FAMILY OF CURVES AND ENVELOPES IN THE SYSTEM KOMPAS-3D.....120

**E.N. Polyakova, A.S. Dorofeyeva**

REVIEW OF THE MODERN SYSTEMS OF DEMARCATION OF ACCESS TO RESOURCES OF THE COMPUTING SYSTEM.....123



# ВЕСТНИК

КУРГАНСКОГО № 3 (42)  
ГОСУДАРСТВЕННОГО 2016  
УНИВЕРСИТЕТА

---

*СЕРИЯ*

*«ТЕХНИЧЕСКИЕ  
НАУКИ»*

*Выпуск 11*

---

## **Редакционная коллегия:**

канд. юрид. наук К.Г. Прокофьев – главный редактор журнала

В.И. Курдюков – д-р техн. наук, профессор  
Г.Ю. Волков – д-р техн. наук, доцент  
В.Б. Держанский – д-р техн. наук, профессор  
А.А. Благодоров – д-р техн. наук, профессор

Перевод – *С.Г. Достовалов*

---

Дата выхода в свет 20.12. 2016  
Печать цифровая  
Заказ № 191

Формат 60\*84 1/8  
Усл.печ.л. 16,75  
Тираж 100 экз.

Бумага тип. 65 г/м<sup>2</sup>  
Уч.-изд.л. 16,75  
Цена свободная

---

Адрес издателя, типографии:  
Библиотечно-издательский центр КГУ.  
640020, г. Курган, ул. Советская 63, строение 4.  
Курганский государственный университет.