



**Министерство образования и науки  
Российской Федерации  
Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова»**

**ТРУДЫ РУБЦОВСКОГО  
ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНСТИТУТА**

**ВЫПУСК 21**

Рубцовск 2013

ББК 20/80

Труды Рубцовского индустриального института: Выпуск 21 / Под ред. А.А. Апполонова / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2013. – 123 с.

В межвузовский сборник статей включены работы ученых, отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области гуманитарных и технических наук.

Стилизация текстов сохранена в авторской редакции.

Редакционная коллегия:

к.т.н., профессор А.А. Апполонов  
к.ф.-м.н., доцент В.Г. Дудник

## Содержание

### Секция 1. Гуманитарные дисциплины

<b>Беляева Е.С., Ляпкина Н.А.</b> Особенности управления изменениями в организации на современном этапе	5
<b>Зорина Н.С., Ханцева Г.Г.</b> Характеристика личности женщины-осужденной и причины преступного поведения	12
<b>Кузнецов В.В.</b> Роль периодической печати в организации и осуществлении переселений в Западную Сибирь в годы аграрных преобразований 50-60 гг. XX в.	16
<b>Углинская В.В.</b> Инновационное развитие ЖХК	22

### Секция 2. Технические дисциплины

<b>Артеменко Е.М., Артеменко И.М.</b> Исследование параметров шума при различных режимах работы гусеничной машины с целью его уменьшения	27
<b>Балашов О.П.</b> Методика планирования экспериментальных исследований токов утечки в электроустановках зданий	30
<b>Борисовский В.В.</b> Телесный угол в расчетах электромагнитных полей	35
<b>Войнаш А.С., Войнаш С.А.</b> Перспективная технология сортиментной заготовки древесины в районах Сибири и Дальнего Востока	37
<b>Войшаш А.С., Войнаш С.А., Жарикова Т.А.</b> Внедрение элементов научных исследований в учебный процесс конструкторской специальности	41
<b>Войнаш С.А., Жарикова Т.А., Фрицлер А.Я., Войнаш А.С.</b> Разработка мобильной техники для малых форм хозяйствования лесостепной зоны Алтайского края	45
<b>Глушкова Е.С.</b> Об условной корректности решения одной обратной задачи для системы уравнений Максвелла	51
<b>Гриценко В.В.</b> Исследование теплообмена в роторном распылительном испарителе при деаэголизации и концентрировании жидких пищевых продуктов в условиях турбулизации горячего теплоносителя пузырьками воздуха	53
<b>Зейгерман А.С., Яковлев П.Ю., Столяров М.А., Песков С.Г.</b> Взаимодействие рабочего органа фронтально навешенного культиватора с грунтом при повороте машинно-тракторного агрегата	62
<b>Копылов И.С.</b> К вопросу об унификации ходовых систем лесопромышленных тракторов тяговых классов 4-6 тонн	68

<b>Никольский О.К., Черкасова Н.И.</b> Разработка стратегии развития существующих сельских распределительных сетей 10-0,38 кВ с учетом потерь энергии	72
<b>Самойлов В.С., Назаров Е.А.</b> Математическое моделирование профиля скорости нелинейной вязкоупругой жидкости в канале с квадратным сечением	75
<b>Черкасова Н.И.</b> Разработка методики многокритериальной оценки эффективности функционирования распределительных сетей 10-0,4 кВ	77
<b>Черкасова Н.И.</b> Ранжирование частных критериев в условиях неопределенности в задачах принятия решений. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии	89
<b>Чернецкая Н.А.</b> Путь и скорость частицы туков на лопасти в процессе перемешивания	95
<b>Чернецкая Н.А., Будашов И.А.</b> Снижение затрат энергии ротационно-дисковым режущим аппаратом при резании толстостебельных культур	100
<b>Чернецкая Н.А., Войнаш А.С.</b> Механико-технологические основы получения биопродуктов на базе мелкодисперсных смесей из кедровых опилок	104
<b>Яковлев П.Ю.</b> Ресурсосберегающие технологии при использовании комбинированных машинно-тракторных агрегатов	109
<b>Яковлев П.Ю.</b> Дифференциальное уравнение колебаний фронтально- и задненавесного орудий в горизонтальной плоскости	112
<b>Яковлев П.Ю., Площаднов А.Н., Демидов А.С.</b> Эквивалентная кинематическая схема четырехзвенного механизма. Условие устойчивости. Уравнение колебаний	117

**Секция 1**  
**Гуманитарные дисциплины**

**ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯМИ  
В ОРГАНИЗАЦИИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ**

Е.С. Беляева, Н.А. Ляпкина

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Во многих отраслях современной экономики условия хозяйственной деятельности меняются очень быстро. Стремительный научно-технический прогресс приводит к появлению новых технологий, на основе которых разрабатываются новые виды продукции и услуг. Вокруг новых технологий и продукции формируются новые рынки. Экономика растет, повышаются индивидуальное и общественное благосостояние, меняются запросы потребителей и структура спроса. Под давлением внешних обстоятельств предприятия вынуждены менять стратегии, системы и структуры управления. Чтобы выжить в конкурентной борьбе. Все это доказывает необходимость внедрения процесса управления изменениями в организациях.

Изменения – процесс перехода объекта от текущего состояния к желаемому [5]. Изменения – это процесс движения и взаимодействия предметов и явлений, перехода от одного состояния к другому, возникновение у них новых свойств, функций, отношений [1]. Изменения – это эксперимент, результат которого не ясен до самого конца. Приступая к процессу перемен, следует помнить, что он может выйти из-под контроля.

В самом общем смысле управление изменениями, если опираться на объективность происходящих изменений внешней среды, представляет собой «структурный подход к переводу индивидов, команд и организаций из текущего состояния в желаемое будущее состояние. Целью этого организационного процесса является расширение прав и возможностей сотрудников принять и поддержать изменения в их текущем бизнес-окружении» [8].

На сегодняшний день существует целый ряд определений управления изменениями, которые основываются на определенных сущностных подходах к управлению изменениями.

Э.В. Вергилес считает, что управление опирается на человеческий потенциал как основу организации. Оно «ориентирует производственную деятельность на запросы потребителей, гибко реагирует и проводит своевременные изменения в организации, отвечающие вызову со стороны окружения и позволяющие добиваться конкурентных преимуществ, что в совокупности дает возможность организации выживать в долгосрочной перспективе, достигая при этом своих целей» [3, с. 4].

Существующее определение Хиггенса указывает, что управление изменениями имеет целью «осуществление миссии компании посредством управления взаимодействием организации с ее окружением» [8].

Дж. Пирс, Р. Робинсон рассматривают управление изменениями как «набор решений и действий по формированию и выполнению стратегий, разработанных, чтобы достичь цели организации» [6, с. 94].

Определение Ансоффа смещает акцент на важность «анализа положения предприятия в настоящее время, анализа желаемого положения предприятия через 3,5,10 месяцев» [2, с. 157], он также считает крайне важной разработку плана, каким образом достичь желаемого результата, преодолевая или смягчая негативные последствия сопротивления персонала организации проводимым изменениям.

П. Сенге указывает, что управление изменениями есть «создание таких организационных реформ, в ходе которых достигается изменение ценностей, стремлений и поведения людей при одновременном изменении процессов, методов, стратегий и систем» [7, с. 15].

О. Виханский акцентируется на стратегических целях, как основном направлении развития предприятия, указывая, что управление изменениями «включает в себя оптимальный набор средств и методов управления внедрением изменений на основе стратегической целей» [8].

Н.Г. Подвойская определяет управление изменениями как «процесс управленческой деятельности, направленный на изменение человеческих ресурсов в процессе перехода организации из одного состояния в другое» [5].

Изменения организации подразделяются на два основных типа.

1. Непланируемые, естественные изменения – изменения, появляющиеся без заранее поставленной цели, достаточно спонтанно. Причиной этих изменений может быть общение членов организации с представителями других социальных объединений, после чего возможно несанкционированное заимствование технических новшеств или новых методов поведения на основе подражания или признания полезности в отношении частных вопросов или в отношении отдельных групп организации. Обычно такие изменения протекают незаметно для организации и не затрагивают важных ее компонентов.

Естественными изменениями в организации управлять практически невозможно, так как они являются следствием воздействий внешней среды и не осознаются руководителями организации или рассматриваются ими как неизбежные последствия внешнего воздействия.

2. Искусственные изменения – изменения, осуществляемые сознательно, целенаправленно, в ходе которых меняются статус организации, ее структурные компоненты с целью адаптации организации к внешней среде, укрепления властных основ управления, интеграции отдельных структурных единиц.

Исходя из этого, рассмотрим, что подлежит изменениям в организации и на что они направлены:

- изменения в целях и задачах деятельности – ассортимент продукции и набор оказываемых услуг, новые рынки, клиенты, поставщики;
- изменения в применяемых технологиях – оборудование, орудия труда, материалы, энергия, технологические процессы;

- изменения в организационных структурах и управленческих процессах – внутренняя организация, трудовой процесс, процессы принятия решений и управления, информационные системы;

- изменения в организационной культуре – ценности, традиции, неформальные отношения, мотивы и процессы, стиль руководства;

- изменения в людях – руководство и персонал, их компетентность, отношения, мотивация, поведение и эффективность в работе;

- изменения в эффективности работы организации – финансовые, экономические, социальные показатели, проецирующие связь с окружающей средой, выполнение компанией миссии и задач, использование новых возможностей;

- изменения в престиже и репутации организации в деловых кругах и в обществе [1].

Управление изменениями в организации является сложным и длительным процессом, поэтому и практики и исследователи этой сферы управленческой деятельности выделяют в нем значительное количество шагов и этапов. Рассмотрим данные классификации.

Классическим можно считать деление, предложенное К. Левиным. Он делил весь процесс управления изменениями на три крупных этапа:

1) «размораживание», которое включает побуждение к изменениям, подготовку к изменениям;

2) «движение», которое подразумевает осуществление изменений;

3) «замораживание», т.е. закрепление изменений.

К. Фрайлингер [8] выделил 8 последовательных стадий процесса изменений, тем самым детализировал процесс управления изменениями К. Левина:

- актуализация потребности в изменениях;
- определение направления и объекта необходимых изменений;
- разработка единого видения и ее трансляция;
- анализ внешних и внутренних факторов изменений;
- разработка плана и программы изменений;
- активное управление действиями по изменению системы работы;
- оценка результата и коррекция действий;
- фиксация опыта организации.

Дж. Коттер также выделяет восемь основных этапов процесса управления изменениями [4]:

- 1) внушение людям ощущения необходимости перемен;
- 2) создание команды реформаторов;
- 3) видение перспектив и определение стратегии;
- 4) пропаганда новой концепции;
- 5) создание условий для широкого участия сотрудников в преобразованиях;
- 6) получение скорых результатов;
- 7) закрепление достигнутых успехов и углубление перемен;
- 8) ускорение изменений в корпоративной культуре.

В свою очередь, Дж. Дак [9] приводит пять этапов проведения изменений в организации:

1. Застой (или потеря управляемости).
2. Подготовка (планирование перемен).
3. Реализация.
4. Проверка на прочность (или удержание достигнутого результата).
5. Этап достижения цели.

Еще более детализированный подход к классификации этапов управления изменениями мы видим у И. Фишера [8], который включает следующие этапы:

- Появление неуверенности.
- Укрепление коллективного сознания проблемы.
- Образование коалиции руководителей.
- Видение и цели: предпосылки изменений.
- Доведение до сотрудников видения перемен.
- Управление проектами.
- Воодушевление всех сотрудников.
- Планирование краткосрочных успехов.
- Закрепление в организационной культуре.
- «Петли» обратной связи.

Несмотря на многообразие подходов к характеристике процесса управления изменениями, в целом их можно свести к простейшей последовательности этапов введения изменениями:

- информационная подготовка ;
- принятие решения об изменении;
- исполнение;
- контроль.

При проведении изменений в организации наиболее значимым является человеческий фактор. Именно человеческий аспект в организационных изменениях является фундаментальным, поскольку поведение людей в организации в итоге определяет, что можно изменить и к какому результату это приведет. Сотрудники должны понимать, хотеть и иметь возможность претворить в жизнь изменения любого характера, которые в дальнейшем могут определенным образом повлиять на них.

Отсюда следует, что меняющаяся организация меняет и людей, в ней работающих, поскольку в ходе проводимых изменений люди должны приобретать новые знания, получать больше информации, решать новые задачи, совершенствовать навыки и умения, менять рабочие привычки, ценности и отношение к делам организации. Перемены в ценностях и отношениях необратимы, так как без них невозможны какие-либо реальные изменения.

Не важно, происходят изменения в организации последовательно или одновременно, важно, что они требуют заинтересованного участия лиц, проводящих эти изменения.



Задача проведения изменений сложна прежде всего потому, что новые стратегии, процессы, системы и структуры не могут возникнуть на пустом месте и неизбежно должны получаться путем изменения ныне существующих.

Совокупность стереотипов существующего способа проведения деловых операций обладает устойчивостью. Иначе эти стереотипы не позволяли бы поддерживать процессы и работать эффективно ранее. Устойчивый способ проведения операций не может быть изменен одновременно и вызывает противодействие изменениям, называемое организационным сопротивлением. Это сопротивление распределяется по трем уровням: индивидуальному, групповому и системному.

Индивидуальное сопротивление бывает вызвано, прежде всего, психологической неготовностью сотрудника осознать объективность внешних изменений и принять предлагаемые организационные новшества, требующие пересмотра прежнего опыта выработки успешных управленческих решений. Еще одной, но более рациональной основой сопротивления является психология восприятия нововведений многими людьми как угрозы своему нынешнему положению. Это происходит, в первую очередь, в силу недостатка компетентности для работы в новом качестве.

Сотрудники со схожими взглядами на проблемы предприятия обычно объединяются в группы, внутренне однородные по организационным культурным ориентациям. Такие группы отстаивают уже коллективные системы ценностей и более активно пытаются влиять на стратегию предприятия. Консервативно настроенные группы являются источниками группового сопротивления.

Системное сопротивление изменениям возникает из-за отсутствия на предприятиях потенциала для анализа внешних изменений и выработки адекватной реакции. Так, если решение стратегических задач в качестве дополнительной нагрузки поручается подразделениям, ответственным за оперативную деятельность, текущие проблемы вытесняют на задний план работу по внедрению организационных и технических нововведений. Аналогичная ситуация имеет место и тогда, когда специально назначенные для этой работы управляющие оказываются недостаточно компетентными [1].

Как уже отмечалось, для преодоления организационного сопротивления требуется изменение системы ценностей сотрудников и организационной структуры предприятия в целом. На индивидуальном уровне решению проблемы способствует обучение и переквалификация сотрудников. Для получения поддержки изменений необходимо убедить сотрудников, что работа в новом качестве открывает для них новые перспективы служебного и профессионального роста.

Добиться такого результата можно, начиная преобразования с так называемой «стартовой площадки». То есть с тех групп сотрудников, которые однозначно поддерживают предлагаемые изменения. В случае успешного начала изменений их активные участники должны быть публично вознаграждены как материально, так и морально. Тем самым руководство

должно мотивировать персонал к следованию новым ценностям и принципам работы. Тогда постепенно вовлечь в процесс преобразований оставшуюся часть персонала оказывается гораздо легче. Во всяком случае, лишиться достигнутого ранее положения в гораздо большей степени рискуют уже те сотрудники, которые не проявляют лояльности к изменениям.

При этом в случае неудачи первых новых начинаний сотрудники, берущие на себя ответственность и риск за внедрение изменений, не должны подвергаться преследованиям и наказаниям. Без проб и ошибок при внедрении новшеств обойтись невозможно. А наказания могут быстро отбить у всех желание участия в дальнейших экспериментах.

Но в любом случае необходимым условием успешного преодоления организационного сопротивления является поддержка со стороны высшего руководства, последовательность и жесткость в использовании им властных полномочий.

Причины индивидуального и группового сопротивления в значительной степени связаны с особенностями психологии восприятия человеком изменений и не всегда имеют рациональную природу. Поэтому мероприятия, нацеленные на преодоление прежних стереотипов поведения, осознание коллективом необходимости изменений и их активную поддержку, должны воздействовать не только на рациональную, но и на эмоциональную сферу сознания. Для эмоционального воздействия нужны яркие и символические действия, наглядно свидетельствующие о неотвратимости изменений.

Следует отметить, что, насколько ни хорошо была бы отработана на предприятии практика управления изменениями, для будущего состояния новой экономики и условий хозяйственной деятельности характерна высокая степень неопределенности. Поэтому при разработке, отборе и внедрении изменений без проб и ошибок обойтись невозможно. Данная особенность процесса управления изменениями предъявляет особые требования к осуществлению функции контроля, который должен строиться не на минимизации отклонений, а на формировании положительной обратной связи, усиливающей благоприятные внутренние изменения.

Любое изменение – это отклонение от существующей практики деятельности. Поэтому контроль по отклонениям в управлении изменениями противопоказан. Каждое возникающее отклонение от запланированных параметров должно анализироваться и рассматриваться как возможный источник благоприятных изменений.

Принято считать, что риск неудачи при любых серьезных изменениях в деловой практике предприятий из-за неопределенности будущего и трудной предсказуемости результатов гораздо выше, чем при сохранении устоявшегося традиционного образа действий. И что сторонники изменений – люди, склонные к повышенному риску, которых привлекает, прежде всего, высокий уровень доходности, обеспечиваемый в случае удачи. В таком представлении управление изменениями становится сродни лотерее.

Однако в динамично развивающихся секторах новой экономики рассчитывать на эффективность может только тот, кто стремится не отстать от требований времени, четко определяет стратегию и осуществляет активные изменения. Более того, новаторские решения лидеров изменений во многом сами начинают формировать условия конкуренции и тем самым создают дополнительные преимущества. Чем значительнее нововведения лидера опережают изменения в бизнесе конкурентов, чем лучше учитывают тенденции развития рынка, тем больше получают сторонников среди потребителей и тем сложнее бывает последователям изменить рыночные предпочтения в свою пользу. Даже если решения последователей оказываются более совершенными с технической точки зрения.

Таким образом, самым захватывающим для инициаторов и участников изменений является не желание при удачном стечении обстоятельств сорвать банк, а ощущение реальной причастности к формированию будущего не только своей компании, но и своей отрасли, и всей экономики [1]. Часто на практике достичь такого ощущения реальной причастности у сотрудников получается меньше всего в силу нежелания развиваться и расти, познавать новые горизонты, уходить от традиционного.

Для того чтобы свести риск к минимуму и сделать управление изменениями максимально эффективным, не похожим на лотерею, следует придерживаться нескольких правил.

Во-первых, идеи и проекты должны опираться на подробный анализ изменений на рынке и вписываться в четко проработанную стратегию развития организации.

Во-вторых, идей и проектов изменений должно быть достаточно много, чтобы отражать весь спектр возможных проблем организации. При их реализации часто приходится идти путем последовательных проб и ошибок, чтобы нащупать по-настоящему эффективное решение. Большинство из них может быть отвергнуто на разных стадиях проработки и внедрения.

В-третьих, для обеспечения эффективности такого отбора в управлении необходимо обеспечить надежную систему контроля, которая позволит сопоставить достигнутые результаты проекта с ожидаемыми и вскрыть ранее незапланированные рыночные возможности или препятствия для внедрения изменений. При неудачах надо сохранять последовательность и решительность в осуществлении задуманного.

В-четвертых, необходимо организационно отделять проекты изменений от оперативной деятельности по решению текущих задач.

В-пятых, необходимо подробно прорабатывать план преодоления организационного сопротивления. В противном случае даже самые удачные идеи могут быть погублены на этапе внедрения [1].

И в заключение отметим, что сотрудники, готовые к изменениям, есть в той организации, в которой лидеры сами не боятся действовать, ошибаться и исправлять собственные ошибки, ведь лидер – это тот, кто может привести людей туда, куда они хотят прийти сами, но не знают, как это сделать. И

изменения в данном случае лучший инструмент, позволяющий людям самим создавать правила.

#### Список литературы

1. Алексеев Н. Управление изменениями в эпоху без закономерностей: [Электронный ресурс] <http://www.iteam.ru>
2. Ансофф И. Стратегический менеджмент / И. Ансофф. – СПб.: Питер, 2011. – 343 с.
3. Вергилес Э.В. Стратегическое управление организацией / Э.В. Вергилес. – М.: ММИЭИФП, 2003. – 126 с.
4. Коттер Д. «Впереди перемен». М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2007.
5. Подвойская Н.Г. Методика реализации изменений на функциональном уровне управления организацией: Автореферат дисс... на соискание уч. степени к.э.н., М., 2010. – 26 с.
6. Пустынникова Е.В. Основы менеджмента / Е.В. Пустынникова. – М.: КноРус, 2011. – 316 с.
7. Сенге П. Искусство и практика самообучающейся организации / П. Сенге М.: Олимп-Бизнес, 2009. – 448 с.
8. Фрайлинг К., Фишер И. Управление изменениями в организации. М.: Книгописная палата, 2002. – 203 с.
9. [Электронный ресурс] <http://www.b-seminar.ru/article/show/380.htm>

### **ХАРАКТЕРИСТИКА ЛИЧНОСТИ ЖЕНЩИНЫ-ОСУЖДЕННОЙ И ПРИЧИНЫ ПРЕСТУПНОГО ПОВЕДЕНИЯ**

Н.С. Зорина, Г.Г. Ханцева

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье рассмотрены структура женской преступности, возрастной состав женщин-преступниц, характеризующийся возрастанием доли лиц молодого возраста, представлены данные о семейном положении женщин-преступниц, о мотивации преступлений, совершаемых женщинами.

В последнее время преступления, совершаемые женщинами, привлекают пристальное внимание как ученых, так и практических работников. Обстоятельное их изучение показывает, что проблема женской преступности не так проста, как кажется на первый взгляд. Среди особо опасных тенденций современного женского криминального поведения выделяются такие, как интенсивный рост тяжких деяний, устойчивый удельный вес рецидивных преступлений, снижение возраста (омоложение) преступниц и, вместе с тем, увеличение количества женщин пожилого и старческого возраста, а также инвалидов среди женщин-преступниц. Жестокость, насильственные способы разрешения конфликтных ситуаций, продуманность преступных актов стали характерными признаками многих преступлений, совершаемых женщинами.

Преступность женщин отличается от преступности мужчин своими количественными показателями, характером преступлений и их последствиями,

способами и орудиями совершения, ролью, которую выполняют при этом женщины, выбором жертвы преступного посягательства, влиянием на их правонарушения семейно-бытовых и сопутствующих им обстоятельств.

По результатам анкетирования 200 женщин-преступниц, отбывающих наказание в ФКУ ИК-6 УФСИН России по Алтайскому краю, находящемся в р.ц. Шипуново Алтайского края, можно выделить следующую структуру преступности женщин.

Одним из наиболее распространенных преступлений является кража. Специальные криминологические исследования свидетельствуют, что наряду с самым популярным для женщин способом тайного похищения чужого имущества – так называемым свободным доступом – женщины все чаще стали прибегать к таким традиционно мужским приемам, как проникновение в жилище или помещение путем взлома окон, выбивания двери, взлома замка. Вторым по величине является сбыт и хранение наркотических средств, что вполне соотносимо с процессом феминизации наркотизма, происходящим в российском обществе. Третьим по величине удельного веса оказалось мошенничество, что обусловлено, по-видимому, большой прибыльностью этого криминального промысла в настоящее время, его меньшим риском [3].

Довольно заметное место в противоправном поведении женщин занимают насильственные преступления (на их долю приходится 20,2%). Общеизвестно, что насильственные преступления женщины чаще, чем мужчины, совершают на почве бытовых конфликтов, семейных неурядиц, личных переживаний. Однако в настоящее время отмечается возрастание доли женщин при совершении таких преступлений, как убийства из хулиганских или корыстных побуждений, в ходе разбойного нападения. Женская преступность приобретает организованные формы: так, 15,7% осужденных женщин совершили преступления в составе преступных групп.

Доля преступниц, ранее совершавших преступления, в общей массе проанкетированных женщин-осужденных составляет 60,3%. По мере возрастания количества судимостей, женщины, как правило, не переходят к посягательствам более высокой степени тяжести. Однако весьма типичные черты женского рецидива – многократность и интенсивность. Осужденные женщины, которые имеют две и более судимости, быстрее и прочнее адаптируются к тюремным условиям.

Наибольшая вероятность «срыва» – совершения повторного преступления – приходится на первые два года после освобождения – 50% осужденных. При этом, если рассматривать рецидивность в диапазоне одного года, то наибольшая доля таких преступлений приходится на первый год после освобождения. Этот год должен быть годом социальной реабилитации освобожденного с соответствующим социально-правовым его обеспечением, созданием условий для начала его новой жизни [3].

Из числа выявленных женщин, совершивших преступления, более половины составляют лица старше 26 лет. Учитывая, что в целом жизненная активность возрастной группы 26-39 лет наиболее высока, становится

очевидным, что, с одной стороны, криминальное поведение объясняется возможностями, полученными женщинами в условиях профессиональной, должностной деятельности, а с другой – неспособностью противостоять неудачам в различных сферах жизнедеятельности.

Настораживает тенденция возрастания доли молодых женщин 18-25 лет в числе преступниц, свидетельствующая о процессе омоложения женской преступности в целом. Именно в эти годы у женщин завершается обучение, складываются семьи, рождаются дети, формируются устойчивые жизненные ориентации. Криминальная активность женщин этих возрастных групп – отражение социального неблагополучия в обществе.

Интересными также представляются данные о семейном положении женщин-преступниц. Так, 76,9% женщин, отбывающих наказание, не состоят в браке. Из общего числа осужденных женщин 58,5% имеют детей, из них 17,6% воспитывают детей, будучи замужем. Таким образом, семейный фактор явно играет некоторую сдерживающую роль относительно криминализации женского населения страны. Те женщины, которые перестают ощущать свою связь с семьей, уже не ориентируются на ее традиционные ценности и получают значительно больше возможностей действовать, не оглядываясь каждый раз на нее.

В проблеме личности женщин-преступниц важную роль играет группа данных, включающая систему взглядов, убеждений, ценностных ориентаций, интересов, притязаний, потребностей, способов их удовлетворения, особенности интеллектуальных, эмоциональных и волевых свойств. Совокупность таких данных о личности преступниц позволяет выявить стимулы активности, побуждения, формирующие и определяющие поведение, проникнуть в мотивационную сферу.

В корыстной мотивации преобладают побуждения антисоциального материально-вещного характера, направленные на извлечение экономической выгоды, обогащение, обращение определенных благ в свою пользу. Так, из числа проанкетированных женщин-осужденных, совершивших преступления против собственности, 30,3% в качестве причины совершения преступления назвали материальные трудности, из осужденных за незаконное приобретение, хранение и сбыт наркотических средств 13,6% преступниц указали эту же причину.

Оригинальную окраску корыстная мотивация преступности женщин приобретает за счет достаточно значимого места в ее структуре «семейной» корысти. В основе последней лежит стремление к достижению необходимого уровня обеспеченности семьи материальными благами. Исторически жизнь женщины сложилась таким образом, что очень важную роль в ней играет семья. Именно она в значительной мере определяет поведение женщины, а соответственно, характер семейных взаимоотношений и материальный достаток в семье являются показателями степени жизненного благополучия. Поэтому даже противоправная деятельность женщин часто направлена не на удовлетворение собственных потребностей, а на улучшение положения семьи.

Достаточно часто такая корысть формирует криминальную направленность действий женщин в неполной семье, где она является единственным добытчиком средств для существования.

Все еще значима и доля побуждений корысть-алкоголизм, корысть-наркотизм. В иерархии потребностей виновного в этом случае доминирует потребность в алкоголе, наркотиках [4]. Среди проанкетированных женщин, отбывающих наказание в местах лишения свободы, 15% в качестве причины совершения преступления против собственности отметили наркотическую зависимость, 7,1% – потребность в алкоголе. Из числа женщин, осужденных за незаконное приобретение, хранение и сбыт наркотических средств 47,7% в качестве причины совершения преступления также указали наркотическую зависимость.

Наконец, следует отметить, что иногда в мотивации женских преступлений очень оригинально переплетаются корысть, месть, зависть, ревность, то есть материальный интерес как бы соперничает с личным. Например, иногда женщины, совершая кражу или грабёж, преследует цель отомстить своей сопернице, выступающей в роли потерпевшей при осуществлении преступного посягательства.

Насильственная мотивация определяется системой мотивов и индивидуально-психологических свойств, обуславливающей выбор лицом агрессивных вариантов поведения. Анализ структуры мотивации позволяет выделить следующие типы мотивов [2].

1. Инструментальная агрессия (средство достижения какой-либо значимой цели, удовлетворения насущной потребности).

2. Враждебная агрессия – насилие ради насилия, как правило, сопровождающееся проявлением особой жестокости, садизма, глумления над жертвой, унижением человеческого достоинства, доставляющее удовольствие и чувство удовлетворенности от процесса применения насилия и его результатов.

3. Защитная агрессия, т.е. реакция типа «насилие – следствие насилия». В мотивации этого типа доминируют гнев, обида, месть. Среди женщин, отбывающих наказание в местах лишения свободы за совершение насильственных преступлений, 13% совершили данные деяние по причине личной неприязни, оскорблений, обиды, то есть в ответ на поведение, провоцирующее агрессию.

Изучение мотивации насильственных преступлений женщин свидетельствует о преобладании в ней защитной агрессии. Так, 16,1% осужденных за насильственные преступления в качестве причины указали угрозу собственной жизни или жизни близкого человека.

Процесс реабилитации у освобожденных из мест лишения свободы женщин может быть более трудным, чем у мужчин, так как у них более резко обрываются социально полезные связи [1]. Так, из числа женщин, ранее отбывавших наказание в местах лишения свободы и снова совершивших преступления, 21% указали на то, что возникли трудности с устройством на работу из-за судимости, для 17,5% оказалось трудным наладить отношения с

близкими, у 12,3% возникли материальные трудности. В целом, основной массе преступниц по сравнению с преступниками меньше присущи асоциальные установки, у них отсутствуют устойчивые преступные убеждения, социально-психологическая адаптация хотя и нарушена, но все же серьезных дефектов нет.

Социализация личности путем образовательно-воспитательной деятельности представляется наиболее эффективным и оптимальным направлением в государственной социальной политике, и технологическое решение указанной проблемы состоит в создании государственной социально-педагогической системы, в которую должны входить все институты и органы государственной власти, средства массовой информации, правоохранительная система и система образовательно-воспитательных учреждений. Только подчинив воспитательным целям деятельность всех государственных и общественных структур, можно добиться прогресса в общественных отношениях и успешно решать любые государственные задачи.

#### Список литературы

1. Дмитриев Ю.А. Пенитенциарная психология учебник. – Ростов-на-Дону, 2007.
2. Левитан К.М. Юридическая педагогика: учебник. – М., 2008.
3. Сочивко Д.В., Литвишников В.М. Пенитенциарная антропология. Опыт систематизации психолого-педагогической теории и практики в местах лишения свободы: Учеб. – метод. пособие. – М., 2006.
4. Сочивко Д.В. Экспериментальная психодинамика личности. – Псков, 2000.

### **РОЛЬ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ В ОРГАНИЗАЦИИ И ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПЕРЕСЕЛЕНИЙ В ЗАПАДНУЮ СИБИРЬ В ГОДЫ АГРАРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ 50-60 гг. XX в.**

В.В. Кузнецов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Осуществление аграрных преобразований на востоке страны стало одним из масштабных явлений XX в., повлекшим за собой значительные изменения как в инфраструктуре сельской экономики, так и в социальном составе населения. Одной из первоочередных проблем, которую предстояло решить в этой связи, причем в кратчайшие сроки, стала проблема обеспечения районов предстоящих изменений необходимыми кадрами руководителей и специалистов, а также механизаторами различных профилей. В решении этой задачи важное место принадлежит периодической печати, чья деятельность в этом аспекте в научной литературе еще подробно не исследовалась.

Первые попытки изменения и улучшения кадрового состава работников сельского хозяйства были предприняты сразу же после сентябрьского (1953 г.) пленума ЦК КПСС. Главное внимание было обращено на подбор и выдвижение



на работу в деревню специалистов и практиков, имеющих опыт руководящей работы. В первые дни после окончания пленума газеты Западной Сибири публикуют заметки и корреспонденции о горожанах – специалистах сельского хозяйства, которые по призыву партии решили переехать на работу в деревню. В «Советской Сибири» появляется заметка о специалистах, решивших из городских организаций вернуться на работу в МТС [1]. В городе Рубцовске Алтайского края 42 ИТР и более 60 рабочих различных профессий с предприятий города подали заявление с просьбой направить их на работу в село [2]. В «Известиях» была перепечатана статья из кемеровской областной газеты «Кузбасс» о Николае Никифоровиче Дедове, инженере – механике ОТК одного из заводов, который был назначен главным инженером Кемеровской МТС [3]. Омские журналисты подготовили фотоматериал о профессоре Омского сельскохозяйственного института А.Д. Кизюрине, изъявившем желание поехать на работу в колхоз или совхоз [4]. В Алтайском крае работа по отбору рабочих для направления в село проводилась на основе постановления бюро крайкома КПСС, в котором указывалось в «месячный срок отобрать 2 тысячи рабочих для направления их на постоянную работу в отстающие колхозы» [5, с. 82].

Еще более актуальной проблема кадров стала после февральско – мартовского пленума ЦК КПСС 1954 г., принявшего программу освоения целины. При обсуждении программы было отмечено, что «успешное освоение залежных и целинных земель прежде всего будет зависеть от правильного подбора и посылки в районы освоения новых земель квалифицированных руководящих, инженерно-технических и агрономических кадров, а также механизаторских кадров для комплектования тракторных отрядов и бригад в МТС и совхозах» [6, с. 367].

Сразу после пленума в основных районах будущего освоения были созданы распределительные комиссии по приему новоселов и оборудованы пункты приема добровольцев. В Барнауле комиссия и пункт находились в здании общежития педагогического института [7, с. 14]. 22 февраля в Москве в Большом Кремлевском дворце состоялось собрание молодежи столицы, провожающей первую группу добровольцев, уезжающих на работы в районы освоения. На совещании было принято обращение ко всем комсомольцам, к молодежи Советского Союза. Это обращение и отчет о совещании были опубликованы как в центральных газетах, так и в газетах Западной Сибири. 24 февраля первый поезд с комсомольцами, едущими на Алтай, отошел от станции Серчаг, о чем сообщила «Правда» [8]. 25 февраля на Алтай отправился второй отряд москвичей – первоцелинников. 2 марта Барнаул торжественно встречал первый эшелон с добровольцами [9, с. 219]. В эти же дни в областных, городских и районных газетах Западной Сибири ежедневно публикуются подборки обращений, заявлений, отчеты с собраний желающих поехать на освоение.

В марте после встреч и размещения первых добровольцев газетная кампания по привлечению переселенцев на новые земли приобретает новую

окраску. На первый план выходят статьи и выступления специалистов сельского хозяйства – руководителей колхозов и совхозов, агрономов и зоотехников, партийных и советских работников, в которых они рассказывают о своих хозяйствах, условиях труда и быта, предстоящих задачах. По инициативе комсомольцев и молодежи села Гилевка Завьяловского района Алтайского края в крае началось движение за создание новоселам хороших жилищно-бытовых условий [10, с. 32]. Это обращение было поддержано бюро крайкома КПСС и широко пропагандировалось в краевой печати.

В действительности, как показала практика уже первых дней, это движение не имело под собой реальной основы. Во многих местах новоселы столкнулись с неорганизованностью, нехваткой жилья и самых элементарных бытовых условий. Об этом наглядно свидетельствует письмо группы комсомольцев из Москвы, прибывших на освоение в Павловский зерносовхоз Алтайского края. Письмо было отправлено в министерство совхозов РСФСР, а затем Председателю Совета Министров СССР Г.М. Маленкову. В письме сообщалось: «Работы по организации нового совхоза никакой не проводится: как объясняет директор Рыжиков, для нового совхоза якобы еще не отведена земля и он не знает, где должен располагаться совхоз. Все прибывшие механизаторы в количестве 250 человек бездельничают. Условия жизни у нас такие: часть товарищей поселили в клубе, где невероятный холод, постельными принадлежностями не обеспечены, спят на голых койках в антисанитарных условиях. Пособие, которое по решению Правительства мы должны получать, до настоящего времени не выдают, и мы находимся вовсе без денег...» [11, л. 19]. Ситуация с обустройством поселенцев была рассмотрена на Секретариате ЦК КПСС, принявшем соответствующее постановление и обязавшем крайком и обкомы партии КПСС отчитаться о проделанной работе [12]. Соответствующие отчеты подготовили горкомы и райкомы КПСС, районные комсомольские организации. В июле 1954 г. в «Алтайской правде» о встрече новоселов отчитался В. Белянин, начальник переселенческого отдела крайисполкома. По его данным, за 5 месяцев года только из городов и райцентров Алтая в колхозы и совхозы перешло 1200 человек. А всего за этот период в край прибыло около 16 тыс. переселенцев. Он отметил, что в крае план подготовки жилья в колхозах и совхозах не выполняется, недостаточно помощи в приобретении скота, заготовке и подвозе топлива [13].

С каждой неделей освоения критическая составляющая в публикациях западносибирских журналистов усиливалась, но и в этих условиях они находили положительные примеры встречи и обустройства целинников. Так, в рубцовской районной газете «За Победу» сообщалось, что в Бобковской МТС сданы четыре двухквартирных дома, в них имеется водопровод, электричество и радио. На усадьбе МТС открыты столовая, красный уголок и библиотека [14]. В «Комсомольской правде» со статьей о бытовом устройстве новоселов выступил председатель колхоза имени Сталина Егорьевского района [15].

В целом уже к середине 1954 г. определилось три основных потока переселенцев. Наиболее многочисленный представляла молодежь, прибывшая

на освоение по комсомольским путевкам. Второй представляли колхозники – переселенцы, поменявшие место жительства с помощью организованного переселения вместе с семьями. И в третьем были работники, выехавшие на постоянную работу в деревню с предприятий городов и районов (местные переселенцы). В Алтайский край в 1954 г. на освоение прибыло свыше 26 тыс. молодых людей из крупнейших городов страны, 3800 семей колхозников, более одной тысячи квалифицированных механизаторов из предприятий края [16, с. 225].

В начале 1955 г. газеты Западной Сибири продолжали агитацию за переселение на целину. Дополнительный стимул их деятельности придали выступление и публикация речи Н.С. Хрущева, с которой он выступил на московском собрании комсомольцев и молодежи в январе 1955 г. [17].

После принятия постановления ЦК КПСС и Совета министров СССР «О мерах по дальнейшему укреплению колхозов руководящими кадрами» в марте 1955 г. в партийных организациях Западной Сибири начинается новая кампания, к которой активно подключилась периодическая печать. В «Правде» печатается передовая статья «За дальнейшее укрепление колхозов руководящими кадрами» [18]. В газете «Кузбасс» на первой полосе в подборке информации собкором газеты из городов области сообщалось о ходе обсуждения постановления на предприятиях области и заявлениях рабочих, инженерных, партийных и советских работников с просьбой направить их на работу в деревню [19]. В записке, направленной в ЦК КПСС, Кемеровский обком партии информировал о том, что считает необходимым заменить 200 из 564 председателей колхозов области. Новых председателей обком планировал подобрать внутри области [20, л. 3]. В Томской области бюро обкома КПСС рекомендовало председателями колхозов 28 чел. [21]. В Новосибирской области заявления подали директор сельхозинститута Смирнов, управляющий льнопенькотрестом Воронов, начальник цеха авторемонтного завода Карнуков [22].

По-прежнему продолжалась публикация писем целинников. «Алтайская правда» широко использует такую форму, как целевые полосы. В них новоселы сообщали о своей жизни на целине, об успехах и неудачах. Председатель колхоза приглашал на работу, бригадир рассказывал о делах бригады [23]. Была и критика. Рабочие Парфеновской МТС жаловались на то, что в вагончиках, где их поселили, нет постельного белья, радио, газет. Бывают дни, когда трактористы вообще не получают горячей пищи [24]. Такие случаи были не единичны, о чем говорят результаты многочисленных проверок бытового устройства новоселов, отраженные в переписке исполнительных органов власти. Так, произведенной проверкой в МТС и совхозах Омской области было установлено, что «многие семьи переселенцев находятся в плохих материально-бытовых условиях. Семья Полуротова Ф.Г. в количестве 10 человек размещена в комнате площадью 20 кв. м» [25, л. 38]. Такое положение во многом объяснялось не только нерасторопностью властей, но и тем фактом, что в погоне за цифрой властные структуры зачастую в несколько раз перевыполняли

запланированные показатели по переселению. В Омской области планом на 1955 г. было установлено переселить из центральных областей в колхозы области 500 семей. Фактически уже в июле этого года было принято 1343 семьи. Выполнение составило 248 процентов годового плана [25, л. 54].

Важным событием, в очередной раз привлечшим внимание к проблемам и нуждам новоселов, стали краевой и областные слеты новоселов, организованные под руководством краевого и областных комитетов комсомола. В работе слетов приняли участие представители молодежи всех целинных районов Западной Сибири, партийные работники и руководители управлений сельского хозяйства. На слетах были подведены некоторые итоги работы молодежи с начала освоения, определены дальнейшие задачи [26, 27]. В газетных статьях и корреспонденциях о новоселах усиливается критическая составляющая, указывается на недопустимость дальнейшего пренебрежения бытовым и культурным обслуживанием целинников. Корреспондент «Алтайской правды» в статье «Радости и огорчения новоселов» анализировал опыт Поспелихинского совхоза, организованного весной 1955 г. [28], в этой же газете с критикой недостатков в жилищном и культурно-бытовом строительстве выступил заместитель председателя Угловского райполкома Ю. Гетман [29].

Всем переселенцам, прибывающим на целинные земли, предоставлялись значительные материальные льготы, в которые входило выходное пособие в размере трехмесячного оклада по месту прежней работы, оплачивались расходы, связанные с переездом на новую работу, и др. [30]. Переселенцы внутри краев и областей также получали единовременное пособие, им предоставлялся кредит на постройку дома, ссуда на приобретение коровы, они освобождались от подоходного налога и от обязательных поставок государству сельхозпродуктов на 2 года [31, л. 190]. Но и эти меры материального стимулирования не смогли обеспечить требуемого количества специалистов и механизаторов. Так, в Алтайском крае, по расчетам потребности трактористов и комбайнеров, в 1957 г. в МТС края требовалось 40487 трактористов, в наличии имелось лишь 36944, из 19587 комбайнеров не хватало 8036 [32, л. 35]. В Кемеровской области на руководящую работу в экономически слабые колхозы было направлено 303 чел., из них на начало 1957 г. работали лишь 240 чел. [33, л. 1].

В целом можно отметить, что периодическая печать оказала заметное влияние на решение кадровой проблемы на осваиваемых целинных землях Западной Сибири. Газетчики агитировали, пропагандировали, призывали, информировали. Без их активного участия во всех организуемых центральной властью и властями на местах различных кампаний эффективность их осуществления была бы намного ниже.

### Список литературы

1. Лыков М. Едут на работу в МТС / Лыков М. // Советская Сибирь. – 1953. – 19 сент.
2. В село / Коммунистический призыв. – 1953. – 7 окт.
3. Специалисты на селе / Известия. – 1953. – 15 нояб.
4. Омские ученые едут на работу в деревню / Омская правда. – 1953. – 28 нояб.
5. Развитие сельского хозяйства Алтайского края. 1946 – 1986. – Ч.1. Барнаул, 1987.
6. КПСС в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. Том восьмой. – М., 1985.
7. Васильев А. Первая борозда. – Л., 1981.
8. Правда. – 1954. – 24 февр.
9. Юность комсомольская моя. – Барнаул, 1968.
10. В краю просторов и подвигов. Молодежь на целине. – М., 1962.
11. ГА РФ. – ФА – 317. – Оп. 1. – Д. 357.
12. ЦХАФ АК. – ФП. 1. – Оп. 97. – Д. 134.
13. Белянин В. Новоселам – достойную встречу / В. Белянин // Алтайская правда. – 1954. – 11 июля.
14. Гусева А. Для новоселов / А. Гусева // За Победу – 1954. – 12 дек.
15. Кондрашин А. Все рады новоселам / А. Кондрашин // Комсомольская правда. – 1954. – 24 нояб.
16. Развитие экономики и культуры Алтайского края за 40 лет. – Барнаул, 1957.
17. Правда. – 1955. – 8 янв.
18. Правда – 1955. – 6 апр.
19. Кузбасс. – 1955. – 12 апр.
20. Государственный архив Кемеровской области (ГАКО). – ФП. – 78. – Оп. 7. – Д. 349.
21. Красное знамя. – 1955. – 6 апр.
22. Правда. – 1955. – 14 апр.
23. Алтайская правда. – 1955. – 26 апр.
24. Алтайская правда. – 1955. – 27 июня.
25. Государственный архив Омской области (ГАОО). – Ф. 437. – Оп. 9. – Д. 2056.
- 26,27. Центр документации новейшей истории Омской области. – Ф.4. – Оп. 1. – Д. 3273,3274; ЦХАФ АК. – ФП. 482. – Оп. 19. – Д. 610.
28. Алтайская правда. – 1956. – 29 янв.
29. Гетман Ю. Строительству на селе – широкий размах / Ю. Гетман // Алтайская правда. – 1956. – 24 мая.
30. Коммунистический призыв. – 1955. – 9 марта.
31. ЦХАФ АК. – ФР. 569. – Оп. 6. – Д. 882.
32. Там же. – Д. 954.
33. ГАКО – ФП. – 78. – Оп. 8. – Д. 150.

## ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ ЖКХ

В.В. Углинская

*Рубцовский индустриальный институт*

Инновационный путь развития для России, как и для всего мира, является безальтернативной стратегией. Только на этом пути в условиях глобализации и стремительного движения мира к постиндустриальной цивилизации Российская Федерация может рассчитывать на достойное место в мировом сообществе. Российская экономика характеризуется низким уровнем инноваций: удельный вес инновационной продукции составляет около 4%, в то время как в развитых странах – не менее 30%. В такой ситуации инновационная модель развития РФ перестает быть абстрактным термином. Важность инновационного развития подтверждается декларированием на федеральном уровне исключительной роли инноваций в преодолении экономического кризиса, предотвращении снижения промышленного потенциала, деградации научной и образовательной сфер [1].

Реформу жилищно-коммунального хозяйства России, направленную на преобразования в этой отрасли, можно отнести к одной из самых затянувшихся реформ в современной истории.

Первый этап реформирования относится к 1993 году, но и в настоящее время сохраняется кризисное состояние этой крупнейшей сферы социально значимых услуг. К наиболее острым проблемам здесь следует отнести постоянный рост стоимости коммунальных услуг для населения, высокую степень износа основных фондов (порядка 82%), убыточность данной сферы для действующих здесь хозяйствующих субъектов, кризис системы менеджмента.

В качестве очередного значимого этапа реформирования, в ходе которого в отрасли должно произойти становление хозяйственного механизма, соответствующего реалиям рыночной конкурентной экономики, следует рассматривать инновационную трансформацию коммунального комплекса.

Под инновационным развитием ЖКХ Фатиев М.Д. понимает цепь реализованных в данной сфере новшеств. При этом наибольший успех достигается при реализации комплексного подхода к инновациям, когда процесс внедрения нововведений охватывает не одну узкую область (например, оказание жилищно-коммунальных услуг), а включает в себя также сферы, влияющие на общий результат (управление, маркетинг, обучение персонала, финансы, продажу и т.д.). Таким образом, инновационное развитие включает в себя наряду с основным инновационным процессом также развитие системы факторов и условий, необходимых для его осуществления, т.е. инновационного потенциала ЖКХ города [2].

Целью осуществления реформы жилищно-коммунального комплекса является предоставление качественных услуг гражданам. Одна из задач жилищной реформы – доведение технического состояния жилищного фонда до уровня, обеспечивающего качественное и комфортное проживание людей в

своих домах. Но существует целый ряд причин, которые мешают успешному использованию новшеств в ЖКХ. Это прежде всего:

- недостаток знаний и опыта по управлению ЖКХ;
- недостаточное количество технологий, доведенных до состояния товара.

Во многих городах есть интересные наработки, но говорить о проверенных на практике, готовых к широкому тиражированию инновациях сложно;

– несовершенный уровень управления в организациях, работающих на рынке ЖКХ.

Все вышеперечисленные проблемы не остались без внимания, и уже разработаны целые комплексы их решения, но до настоящего времени произошло лишь их частичное преодоление.

Насколько новшества используются – это вопрос к тем предприятиям, которые занимаются коммунальным хозяйством. С одной стороны, есть проблемы модернизации ЖКХ. С другой стороны, есть два типа инновационных разработок – заимствованные и собственные. И те и другие требуют финансирования, организационных усилий, определенной административной поддержки для их внедрения.

Заимствованные технологии – это те, что уже опробованы в других городах. Например, для экономии электроэнергии на насосах ставятся частотные регуляторы. Биотехнологии направлены на качественную очистку питьевой воды. Это различного рода фильтры с использованием очищающих компонентов на основе современных материалов и живых организмов. Не менее актуальны вопросы, связанные с переходом муниципальных котельных на газообразное топливо. Котельные, работающие сегодня на мазуте и угле, переводятся на газообразное топливо с применением наиболее эффективных моделей горелок. Существуют технологии, связанные с контролем состояния трубопроводов. Это телескопия, телеметрия, безразрывное определение повреждений. Такие установки уже существуют в крупных городах, помогая сократить затраты на производство ремонтных работ. Как западные технологии, так и отечественные разработки применяются сегодня при санации трубопроводов на основе покрытия труб изнутри специальными материалами, которые позволяют увеличить срок эксплуатации.

Второй, более сложный, но перспективный вид использования инноваций – это разработка собственных технологий, собственного оборудования, материалов. То есть того, чему нет аналогов в мире. И здесь есть интересные примеры. НТЦ «Кварк» разработал уникальный прибор по защите бытовых и офисных электросистем от скачков напряжения. ООО «ПАСАТерм» разработало и внедряет вихревой теплогенератор, работающий на воде и предназначенный для преобразования электрической энергии в тепловую. Он используется для обогрева жилых, производственных и иных помещений, горячего водоснабжения [3].

Новые технологии не будут внедряться на старых предприятиях муниципальной формы собственности, где нет стимула к повышению эффективности. Поэтому, если говорить о процессе реформирования ЖКХ,

модернизацию всего технологического комплекса надо начинать прежде всего с модернизации организационной структуры, повышения степени заинтересованности самого предприятия в увеличении своей эффективности, а значит, в основном, это смена организационно-правовой формы и формы собственности. Кроме того необходима рациональная рыночная структура управления комплексом ЖКХ.

Еще один вопрос – это система комплексной поддержки со стороны государства.

В условиях ограниченности государственных финансовых ресурсов особую актуальность приобретает постепенное увеличение роли косвенных методов стимулирования инновационной деятельности с целью привлечения средств негосударственных инвесторов. Как показывает зарубежный опыт, особенно эффективны в этом отношении налоговые льготы.

Кроме того, инвестор пойдет в ЖКХ только при условии очистки этой сферы от долгов, приведения в конкурентоспособную форму организационной структуры на основе акционирования. И только после этого начнутся серьезные инвестиции. Без инвестиций и привлечения частного капитала говорить о модернизации, комплексном перевооружении и внедрении инноваций не приходится.

Для развития положительных тенденций реформирования ЖКХ и внедрения инновационного подхода к формированию и предоставлению жилищно-коммунальных услуг необходимо проведение на государственном и муниципальном уровнях адекватной политики, подразумевающей решение как приоритетных, не терпящих отлагательства задач, так и задач стратегических, нацеленных на обеспечение устойчивости и необратимости реформ. Среди таких задач следует выделять:

1) прекращение бюджетного дотирования предприятий ЖКК. Обсуждение этой задачи, на наш взгляд, должно прийти на смену политической теме о 100%-ных платежах населения за ЖКУ. Ключ к решению данной задачи – передача бюджетных денег на поддержку ЖКХ в распоряжение граждан, что уже делается в ряде регионов страны в ходе федерального эксперимента с жилищными субсидиями (адресная социальная помощь).

Повышение эффективности расходования бюджетных средств может заключаться не только в оказании адресной социальной помощи низкодоходным семьям, но и в замене бюджетных дотаций предприятиям на финансируемые бюджетом инвестиционные программы развития и модернизации жилищного фонда и ЖКК. Самый простой пример подобных программ – капитальные ремонты жилищного фонда и объектов коммунальной инфраструктуры. Такой подход, с одной стороны, может способствовать сдерживанию роста тарифов для населения, с другой – обеспечивает контроль за целевым и эффективным использованием бюджетных средств;

2) реструктуризация и ликвидация задолженности предприятий ЖКК. Долги предприятий ЖКК в первую очередь обусловлены бюджетными неплатежами за предоставленные дотации, льготы, субсидии, а также



неоплатой бюджетными учреждениями потребленных ЖКУ. Второй по значимости фактор – несбалансированная тарифная политика, когда тарифы для предприятий ЖКК не изменялись вслед за изменениями тарифов, например, на газ и электроэнергию. Решение этой проблемы связано с такими непопулярными политическими мерами, как признание бюджетами различных уровней долговых обязательств перед ЖКК и включение этих обязательств в бюджеты следующих периодов, а также повышением тарифов для частичной компенсации накопленной несбалансированности;

3) создание эффективной системы тарифного регулирования. Проблемы тарифов и договоров могут быть решены путем изменения нормативно-правового регулирования. При этом абсолютно бесперспективной является политика искусственного сдерживания роста тарифов на ЖКУ путем административного давления на процесс тарифного регулирования. Этот подход не только не способствует снижению нерациональных затрат, но и существенно тормозит институциональные преобразования, направленные на стимулирование инновационной активности производителей ЖКУ и совершенствование инновационной инфраструктуры ЖКХ. В конечном счете, отложенный рост тарифов все равно придется компенсировать, но уже с учетом неизбежных дополнительных потерь с точки зрения эффективности функционирования ЖКК. Экономический выигрыш может дать только реальная заинтересованность рыночных субъектов в повышении эффективности собственной деятельности, достижение которой способом, отличным от инновационного, сегодня вряд ли возможно;

4) создание правовой среды для взаимодействия власти и бизнеса в ЖКХ. Главной задачей реформирования ЖКХ должно стать создание реальных экономических взаимоотношений в отрасли, уход от административной формы управления, развитие предпринимательской инициативы. Решение этой задачи базируется на формировании партнерского взаимодействия власти и бизнеса при переходе на инновационный путь развития ЖКХ, когда власть гарантирует надежность и доступность предоставления ЖКУ, а частный бизнес – повышение эффективности и снижение ресурсоемкости. Привлечение частного бизнеса не только улучшит управление ЖКК, но и сделает его привлекательной для инвестирования.

Проблема собственности в коммунальном секторе – принципиальный вопрос и для власти, и для инвесторов. Законодательно закрепленная за органами местного самоуправления ответственность за жизнеобеспечение населенных пунктов может быть реализована только в том случае, если коммунальные инфраструктурные объекты, в первую очередь сетевое хозяйство, находятся в муниципальной собственности. В этой связи концессионная форма соглашений между органами местного самоуправления и частным бизнесом в ЖКХ, когда инфраструктурные объекты находятся в муниципальной собственности, а их управление и все связанные с этим коммерческие риски передаются частному бизнесу, представляется более предпочтительной;

5) развитие бизнеса по управлению жилищным фондом (эффективный жилищный менеджмент) на основе пообъектного управления зданиями и рационального ресурсопотребления. Необходимо готовить высококвалифицированных специалистов по управлению многоквартирными домами, таким образом развивать институт профессиональных управляющих и конкуренцию в сфере управления, содержания и ремонта жилья.

Важная задача, способствующая развитию бизнеса по управлению жилищной недвижимостью, – формирование экономической мотивации к ресурсосбережению в жилищном фонде по схеме работы энергосервисного бизнеса, когда объем доходов энергосервисной компании напрямую зависит от снижения потребления ресурсов в масштабах здания при соблюдении качества среды проживания. Для развития такого бизнеса требуется разработка методологической базы формирования системы договорных отношений в сфере предоставления ЖКУ. Развитие реальных рыночных отношений ХКК в значительной степени сдерживается правовым статусом преобладающего числа работающих в нем предприятий. Это в подавляющем большинстве муниципальные (или государственные) унитарные предприятия, владеющие муниципальным имуществом на праве хозяйственного ведения [4].

Таким образом, для активизации инновационной деятельности на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства, по нашему мнению, необходимо:

- решить на государственном уровне вопросы образования инновационных фондов, внедрения налоговых льгот, а также создать условия для ускорения амортизации;

- разработать порядок стимулирования и повышения притока инвестиций в реализацию разработок научно-технического прогресса в ЖКХ с помощью сниженных процентных ставок по банковским кредитам;

- законодательно закрепить процессы стимулирования экономного, рационального использования энергопотребляющих ресурсов;

- разработать механизм мотивации инновационно-инвестиционной деятельности предприятий ЖКХ с целью внедрения энергосберегающих технологий в процессе реформирования и модернизации отрасли.

#### Список литературы

1. Глущенко И.И. Оценка эффективности системы управления инновационными проектами // Менеджмент в России и за рубежом. – 2006. №3.

2. Фатиев М.Д. Инновационное развитие жилищно-коммунального хозяйства города: монография / М.Д. Фатиев. М.: Палеотип, 2006. – 140 с. С. 8.

3. Ермолаев Е.Е. Методы проведения реформы жилищно-коммунального хозяйства, учитывающие его инновационные возможности // Транспортное дело России. – 2009. – №3. С. 72-74.

4. Ключев Б.В. Инновации в ЖКХ: время перемен // Вестник. – 2005. – №6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rostovstroy.ru/archive/articles/221.html>].

**Секция 2**  
**Технические дисциплины**

УДК 621.436.019:62-634.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШУМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
РЕЖИМАХ РАБОТЫ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ  
С ЦЕЛЬЮ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ**

Е.М. Артеменко, М.И. Артеменко

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Основной метод снижения шума – максимальное уменьшение его в источнике оборудования. Однако это не всегда возможно. Поэтому на практике приходится прибегать к конструктивно – акустическим методам (изменять конструкцию машины, применять современные шумо- и вибропоглощающие покрытия и материалы), применение комплексных мер позволяет уменьшить интенсивность шума и вибрации.

Многоцелевые транспортные гусеничные машины 520, 520М могут двигаться с высокой скоростью по бездорожью. При этом в результате воздействия гусеничного движителя возникает высокий уровень вибрационной нагруженности кабины. Сильная вибрация конструкции обуславливает возрастание структурной составляющей шума, нагруженной поверхностями кабины. Значительная мощность двигателя и размещение отдельных элементов трансмиссии под полом вызывает образование сильного звукового поля. Повышенный шум на рабочем месте водителя гусеничной машины объясняется также незначительной звукоизолирующей способностью ограждающих панелей кабины и отсутствием эффективных звукопоглощающих материалов. Экспериментально были получены значения уравнений звукового давления в кабине водителя.

Необходимо напомнить, что уровни вибраций во многом определяют уровни структурного шума в кабине и кузове гусеничной машины. На рис. 1 приведены результаты измерений уровней шума в кабине и кузове гусеничной машины ГМ-520М с дизелем УТД-29 на стоянке, где показано влияние частот вращения дизеля на шумность. Здесь верхние границы полей относятся к наивысшим частотам вращения коленчатого вала дизеля на холостом ходу, а низшие – к минимальной частоте устойчивого вращения.

Здесь также можно наблюдать значительное влияние скорости движения на уровни шумности в кабине и кузове. Наличие крупных листов металла в сварной конструкции кузова, в отличие от кабины, имеющей более жесткую конструкцию, приводит к высоким уровням шума, связанным с колебаниями ходовой части и передачей этих колебаний на конструкцию корпуса.

На рис. 3 и 4 приведены графики сравнения шума в кабине и кузове на стоянке и при движении с указанными скоростями по бетонной трассе. Из графиков следует, что шумность во внутренних помещениях гусеничных

машин вызвана в основном структурными вибрациями, связанными с колебаниями корпуса на подвеске машин.

Исследование параметров шума при различных режимах работы машины показали, что существенную роль в образовании высоких урваний спектра играет как воздушная, так и структурная составляющая шума. Значительный рост уровней звукового давления при увеличении скорости движения говорит о том, что структурная составляющая шума является значимой при образовании звукового поля в октановых полосах частот 31,5 Гц; 63 Гц и 25 Гц. Воздушный шум, проникающий в кабину через поверхности ограждений, содержит низкочастотные (100... 200 Гц) составляющие, соответствующие частоте протекания рабочего процесса в цилиндрах двигателя. Наряду с этим моторно-трансмиссионная установка является интенсивным источником воздушного шума на частотах 400... 2000 Гц. Анализ конструкции и экспериментальная проверка звукоизолирующей способности панелей кабины, люка машинного отделения, задней стенки и пола показал, что она недостаточна и может быть существенно увеличена за счет использования многослойных конструкций типа «СЭНДВИЧ» и разнесенных перегородок. Для защиты от шума нужен материал с коэффициентом звукопоглощения не менее 0,5 на частоте 1000 Гц, теплопроводностью не более 0,045 ккал/ч (МЧ°С).

На рис. 2 приведены графики шумности в кузове и кабине при движении гусеничной машины с различными скоростями.

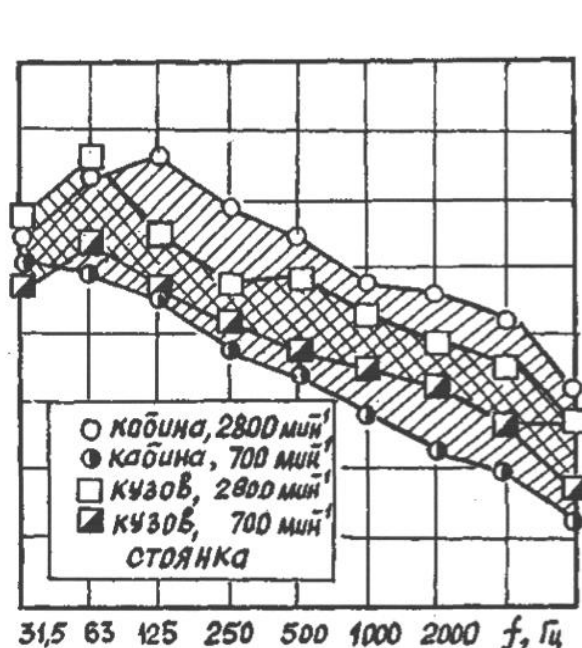


Рис. 1. Спектр изменения уровня внутреннего шума в кабине и кузове ГМ-520М при работающем дизеле на стоянке

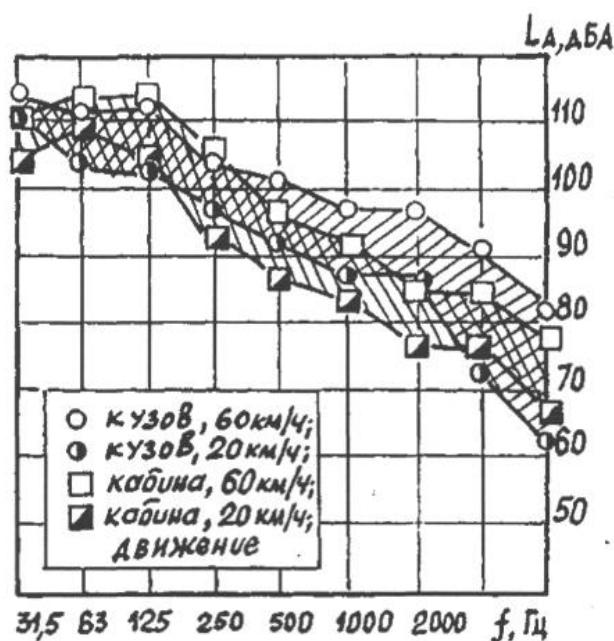


Рис. 2. Спектр изменения уровня внутреннего шума в кабине и кузове ГМ-520М при движении

В акустическом комплексе НАТИ проводятся стендовые испытания по определению акустических характеристик различных исходных материалов (подложек) для звукопоглощения и звукоизоляции и готовых дублированных материалов с декоративным внешним слоем, создаются многослойные функциональные наборы для ограждения кабины, машинного отделения. Нанесение клеевого монтажного слоя при формировании многослойных шумозащитных конструкций существенно упрощает технологию их изготовления, снижает трудоемкость монтажа на 50%.

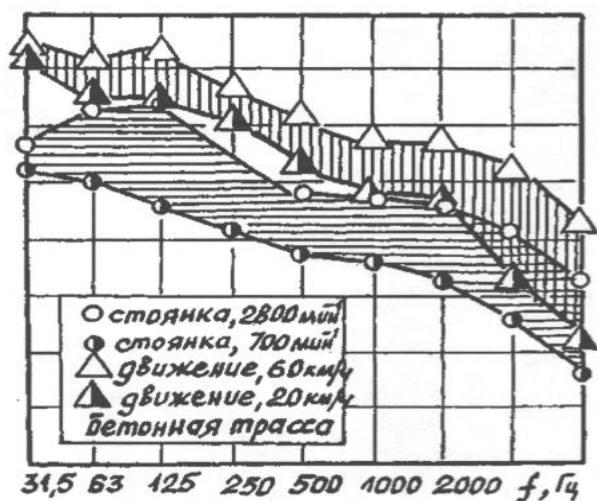


Рис. 3. Спектр изменения уровня внутреннего шума в кабине ГМ-520М при работе двигателя на стоянке и в движении

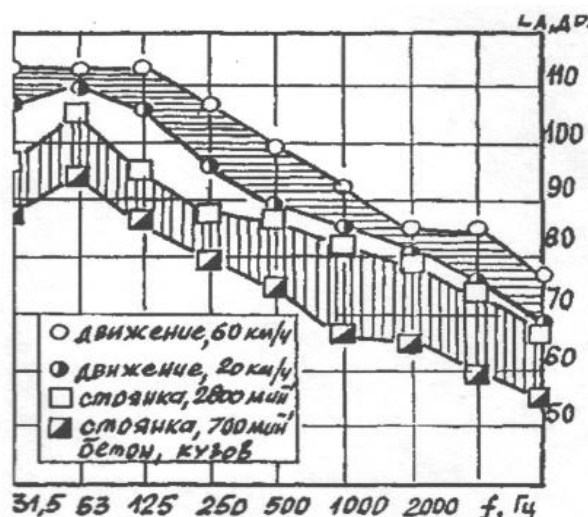


Рис. 4. Спектр изменения уровня внутреннего шума в кузове ГМ-520М при работе двигателя на стоянке и в движении

Двери кабины двойные, со стеклоизолирующим материалом в промежутке. Рекомендуется для остекления кабины использовать двойные стекла типа «триплекс».

Узкополосный спектральный анализ акустического поля в кабине машины позволил определить, что уменьшение передачи воздушной составляющей шума можно достичь за счет выполнения пола кабины в виде многослойной конструкции с воздушным зазором между слоем звукопоглотителя и одним из металлических пластов.

Для снижения вибрации панели кабины, наряду с использованием виброизолятора, целесообразно повышение демпфирующих качеств конструкции за счет установки на панелях кабины вибропоглощающих материалов.

Для снижения низкочастотных составляющих шума следует использовать газодинамические сопротивления для гашения акустических колебаний в потоке газовой смеси в диффузоре эжектора системы охлаждения

двигателя. Допустимый уровень шума в кабине гусеничной машины с 1991 г. снижен до 80 дБА. В связи с этим возникает задача модернизации существующих и разработки новых конструкций узлов.

#### Список литературы

1. Борьба с шумом: сб. ст. / Под ред. Е.Я. Юдина. М.: Стройиздат, 1964.
2. Барсов Л.П., Маляренко Л.Г. (НАТИ). Обеспечение безопасных и комфортных условий труда // Тракторы и с/х машины. 2001. №1 С. 36-39.
3. Оптимизация параметров системы «Кабина трактора на подвеске» / А.В. Победин, М.В. Реунов (Волгоградский ГТУ), А.В. Макаров (Волгоградская РАСА).
4. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование; Справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козляков и др.; под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение. 1989. – 368 с.: ил.

### **МЕТОДИКА ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТОКОВ УТЕЧКИ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ЗДАНИЙ**

О.П. Балашов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье рассматривается методика планирования экспериментальных исследований токов утечки в электроустановках зданий социальной инфраструктуры села.

Результаты исследований [1, 2] показывают, что одной из основных причин возгорания на объектах является предаварийное состояние электроустановки, обусловленное токами утечки через изоляцию на землю. Величина этих токов может зависеть от ряда факторов, включая:

- 1) неудовлетворительное состояние кабельных линий и электропроводок, обусловленное их износом, значительной продолжительностью эксплуатации;
- 2) систематические перегрузки в электропроводках, превышающие нормативные в 2...3 раза;
- 3) кратковременные аварийные режимы, вызванные токами короткого замыкания в электрических аппаратах и сетях;
- 4) влияние внешних факторов на изоляционные свойства диэлектрика (механические повреждения, окружающая среда, температура, влажность, давление).

Действующие ГОСТы [3, 4] в настоящее время и ПУЭ [5] рекомендуют применение в электроустановках зданий устройств защитного отключения (УЗО-Д). Массовое оснащение объектов этой защитной аппаратурой требует необходимого нормативного, методического и инструментального обеспечения, способствующего внедрению высокоэффективных средств электрической защиты. Так как сегодня монтаж УЗО-Д осуществляется, как правило, «наобум», без обоснованного выбора уставки тока срабатывания. Установки УЗО-Д, у которых уставка тока срабатывания меньше «фонового» тока утечки

электрической сети, приводит к ложным отключениям и как следствие – к перерывам электроснабжения потребителей. Если использовать УЗО-Д с уставками 100 мА и выше, то это приведет к снижению чувствительности защиты, что значительно уменьшит её эффективность.

В настоящее время отсутствуют аналитические методы расчета «фоновый» тока утечки в электропроводках. Используется для измерений тока утечки специальная диагностическая аппаратура, стоимость которой весьма значительна (более 300\$) [6], что делает её недоступной в сельском хозяйстве.

С этих позиций полученные экспериментальные данные статистических распределений токов утечки в электропроводках зданий позволят выявить закономерности влияния ряда электрических параметров на его значение.

Впервые исследования токов утечки в электрических сетях с заземленной нейтралью были проведены О.К. Никольским [7]. Им также была разработана специальная методика измерения тока утечки. В дальнейшем В.Ф. Королем [8] и Т.В. Ереминой [9] были проведены аналогичные исследования для различных регионов страны (Украины и Сибири), включая животноводческие помещения и бытовой сектор. Целью этих исследований явилось обоснование технических требований для УЗО-Д, в частности, токов срабатывания. Результатом явилось определение естественных уровней токов утечки применительно к разным климатическим зонам страны, а также установление статистических связей между током утечки и факторами, характеризующими его величину. Однако необходимо отметить, что экспериментальные исследования уровней токов утечки в электроустановках объектов социальной инфраструктуры села ранее не проводились.

Сбор информации о распределении тока утечки в электропроводках связан со значительными затратами. Поэтому одной из задач является получение необходимой информации при минимальных затратах путем планирования эксперимента и использования методов математической статистики при обработке данных [10]. Основным здесь является определение минимально необходимого количества измерений исследуемого параметра и статистическая проверка гипотезы о законе распределения случайной величины.

При выборе факторов, влияющих на величину тока утечки в распределительных сетях, следует учитывать: тип объекта, характеристики электропроводки (длина, сечение, вид изоляции) и вид электрической нагрузки, мощность и количество включенных электроприемников.

Предлагаемая программа экспериментальных исследований распространяется на все групповые электропроводки, выполненные проводами и кабельными линиями.

Целью эксперимента является:

- установление закономерности изменения уровней фона тока утечки в электропроводках;
- изучение характера распределения токов утечки;
- определение максимальных величин токов утечки в электропроводках зданий.

В процессе измерения тока утечки фиксировались марка электропроводки и давность ее монтажа, режим работы электроустановки (отключенная и включенная электрическая нагрузка), протяженность питающих линий (осветительные и силовые сети), мощность и вид нагрузки (осветительная, электротермическая и электродвигательная).

Последовательность проведения эксперимента:

- 1) сбор исходных данных на объекте;
- 2) измерение и фиксирование значений исследуемых величин: тока утечки других параметров, рассмотренных выше.

Данные были получены из проектной документации или путем визуального обследования [11].

Из документации должны выбираться данные, в состав которых входят сведения об электропроводках (длина, марка, сечение проводов и кабельных линий), а также длительность монтажа и вид подключенной электрической нагрузки.

При проведении экспериментального исследования использовалась специальная измерительная аппаратура – клещи токовые многофункциональные АТК-1001, позволяющие определить дифференциальный ток утечки на землю. Технические характеристики цифрового измерительного прибора АТК-1001 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики цифрового измерительного прибора АТК-1001

Прибор	Диапазон измерения	Разрешение	Погрешность
Клещи токовые многофункциональные АТК-1001	40 мА	10 мкА	$\pm 0,01 I_{\text{ИЗМ}}$
	400 мА	100 мкА	$\pm 0,01 I_{\text{ИЗМ}}$
	4 А	1 мА	$\pm 0,01 I_{\text{ИЗМ}}$
	40 А	10 мА	$\pm 0,01 I_{\text{ИЗМ}}$

Подготовка к измерениям сводилась к устранению влияния внешних факторов на показание прибора. При наличии смешанной нагрузки в системе TN-C электроснабжения нулевой провод (PEN) играет роль рабочего и защитного проводника, то есть на показания прибора будет оказывать влияние рабочий ток, протекающий по нулевому проводу, вызванный несимметричной нагрузкой в сети (рисунок 1) [12].

Из-за наличия связи нулевого провода с землей в зоне защиты часть тока несимметрии протекает через землю, а следовательно, будет фиксироваться прибором. Такое явление характерно для трехфазных электроприемников на объектах социальной инфраструктуры села, например, электродвигатели насосов и металлорежущие станки, электротермические печи сопротивления столовой и др.



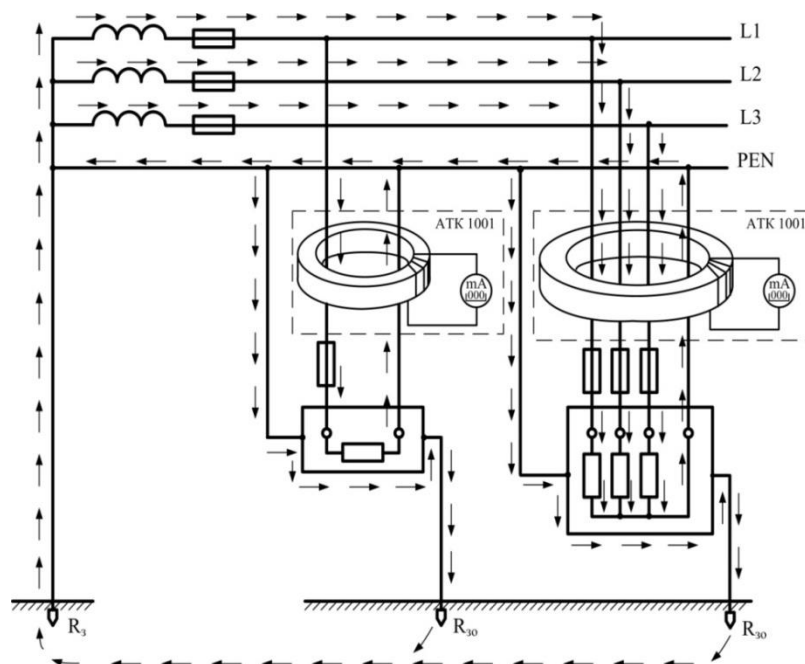


Рисунок 1 – Схема подключения прибора для измерения тока утечки в сети TN-C

Для устранения влияния несимметрии в трехфазных электрических сетях была произведена модернизация системы TN-C электроснабжения путем её замены на TN-C-S систему (рисунок 2) [12].

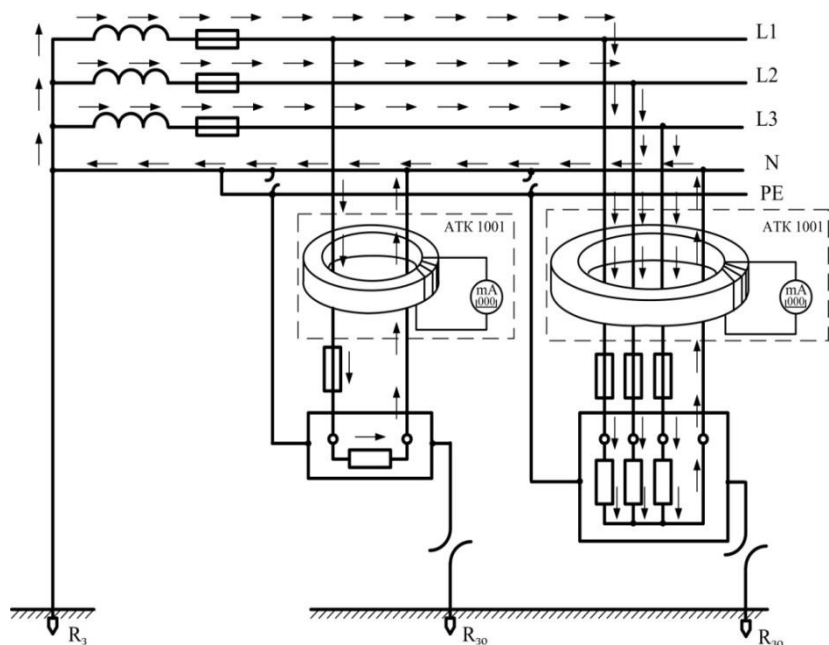


Рисунок 2 – Схема подключения прибора для измерения тока утечки в сети TN-C-S

Прибор включается в рассечку фазных и нулевого проводов в электрической сети, что дает возможность определить ток утечки при отключенной нагрузке, в осветительных и силовых линиях под нагрузкой, а также суммарный некомпенсированный ток утечки на вводах при максимальной нагрузке каждой групповой линии. Все измерения выполнялись для групповых линий различных видов электрических нагрузок.

Таким образом, предлагаемый метод планирования экспериментальных исследований позволит выявить основные факторы, влияющие на величину тока утечки в электропроводках зданий социальной инфраструктуры села и получить математические зависимости.

#### Список литературы

1. Сошников, А.А. Расчет эффективности электрической защиты в сетях 0,38 кВ: Учебное пособие / А.А. Сошников, О.К. Никольский. – Барнаул: АлтГТУ, 1992. 57 с.

2. Сошников, А.А. Развитие технологий обеспечения пожарной безопасности электроустановок низкого напряжения / А.А. Сошников, О.П. Шелепов // Вестник Алтайского государственного технического университета. 2000. №3. С. 50-54.

3. ГОСТ Р 50571.3-94 (МЭК 364-4-41-92). Электроустановки зданий. Часть 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. – Введ. 1995-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1995.

4. ГОСТ Р 50669 – 94. Электроснабжение и электробезопасность мобильных (инвентарных) зданий из металла или с металлическим каркасом для уличной торговли и бытового обслуживания населения. – Введ. 1995-01-01. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1994.

5. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. (Гл. 1.1, 1.2, 1.7, 1.9, 7.5, 7.6, 7.10): утв. М-вом энергетики Рос. Федерации 08.07.02: введ. в действие с 01.01.03. – СПб.: Деан, 2003. 176 с.

6. Измерители параметров безопасности электрооборудования [Электронный ресурс] // <http://www.prist.ru>

7. Никольский, О.К. Защитное отключение на фермах крупного рогатого скота и в жилых домах сельской местности: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Никольский Олег Константинович. – М., 1969. – 31 с.

8. Король, В.Ф. Исследование систем обеспечения электробезопасности мобильных электрифицированных машин с кабельным питанием на животноводческих фермах Южной зоны СССР: Автореф. дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / В.Ф. Король. – М. 1973. – 30 с.

9. Еремина, Т.В. Повышение электробезопасности в быту сельского населения: Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Еремина Тамара Владимировна. – Челябинск, 1989. – 198 с.

10. Спирин, Н.А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Н.А. Спирин, В.В. Лавров. – Екатеринбург: Изд-во УГТУ-УПИ, 2003. – 256 с.

11. Балашов, О.П. Оптимизационные методы исследования систем электропожаробезопасности / О.П. Балашов, О.К. Никольский // Вестник Алтайского государственного технического университета. 2003. №1. С. 47-50.

12. Балашов, О.П. Исследования распределения тока утечки в электроустановках низкого напряжения общественных зданий / О.П. Балашов // Известия ТулГУ. Вып. 2. – Тула. Изд-во ТулГУ, 2006. – С. 147-154.

## ТЕЛЕСНЫЙ УГОЛ В РАСЧЁТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

В.В. Борисовский

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Характеристиками электромагнитного поля являются индукция  $\vec{B}$  и напряженность  $\vec{H}$ , которые взаимосвязаны между собой, поэтому определение или расчёт производится в основном вектора индукции магнитного поля  $\vec{B}$ . Если поле создано одним проводником с током, то для определения индукции  $\vec{B}$  в любой точке пространства используются расчётные формулы, полученные из закона Био-Савара-Лапласа, или сам закон. В случае нескольких проводников с токами для расчёта индукция  $\vec{B}$  в точке применяется закон полного тока или метод дифференцирования и интегрирования. Если ток протекает по какой-либо плоскости с линейной плотностью  $i = \frac{dl}{dl}$ , то индукция магнитного поля определяется путем интегрирования, а в случае симметричного расположения точки, где необходимо найти индукцию  $\vec{B}$ , в расчетах можно использовать телесный угол (рис. 1).

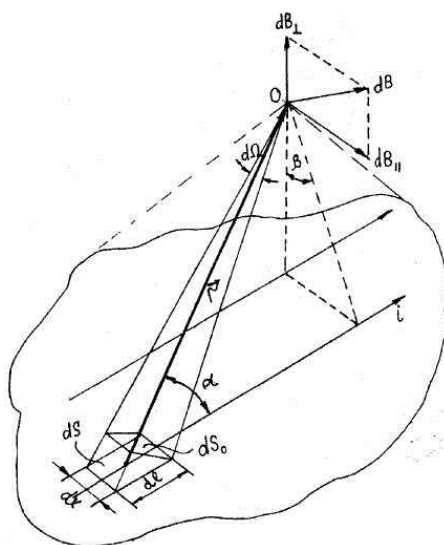


Рис. 1

Выведем формулу для определения индукции магнитного поля  $\vec{B}$  как функцию телесного угла. Возьмем поверхность произвольной формы, по которой протекает ток с линейной плотностью  $i = \frac{dI}{dl}$ , и определим индукцию в произвольной точке  $O$ . На поверхности выделим элементарную площадку  $dS$  шириной  $dx$  и длиной  $dl$  (см. рис. 1), вдоль которой проходит элементарный ток  $dI$ , проведем из этой площадки радиус-вектор  $\vec{r}$ . Прямоугольная пирамида с вершиной в точке  $O$ , Основанием которой является площадка  $dS$ , охватывает элементарный телесный угол  $d\Omega$ . Индукцию магнитного поля  $dB$  в точке  $O$ , создаваемую током  $dI$  протекающим через площадку  $dS$ , разложим на две составляющие  $dB_{\perp}$  и  $dB_{\parallel}$  и определим, чему равна параллельная составляющая  $dB_{\parallel}$ :

$$dB_{\parallel} = dB \cdot \cos \beta = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{dI \cdot dl \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta}{r^2}. \quad (1)$$

Зная линейную плотность тока  $I$ , найдём элементарный ток  $dI = i \cdot dx$ , проходящий через площадку  $dS$ , и тогда найдем  $dB_{\parallel}$ , по формуле:

$$dB_{\parallel} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{i \cdot dl \cdot \sin \alpha \cdot dx \cdot \cos \beta}{r^2}, \quad (2)$$

где произведение  $dl \cdot \sin \alpha \cdot dx \cdot \cos \beta = dS_0$  – это площадка, расположенная перпендикулярно к радиусу – вектору  $r$ . Отношение площадки  $dS_0$  к квадрату радиуса  $r^2$  есть элементарный телесный угол,  $d\Omega = \frac{dS_0}{r^2}$ , и тогда

$$dB_{\parallel} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i d\Omega. \quad (3)$$

Проинтегрировав уравнение (3) по телесному углу для всей поверхности, получим выражение для параллельной составляющей вектора индукции магнитного поля для всей поверхности

$$B_{\parallel} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot i \Omega, \quad (4)$$

где  $i$  – линейная плотность тока по поверхности,  $\Omega$  – телесный угол, охватываемый поверхностью для точки  $O$ .

Рассмотрим пример применения формулы (4) при расчете индукции  $\vec{B}$ : По поверхности полубесконечного кругового цилиндра радиусом  $R$  течет поперечный ток линейной плотности  $i$ . Найти индукция магнитного поля на оси цилиндра на расстоянии  $X$  от его конца.

Из точки  $O$ , в которой необходимо найти индукцию магнитного поля полубесконечного цилиндра, проводим образующие на край цилиндра (рис. 2). Зная угол раствора  $2\alpha$  полученного конуса, найдем телесный угол конуса

$$\Omega = 2\pi(1 - \cos \alpha), \quad \text{где} \quad \cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}.$$

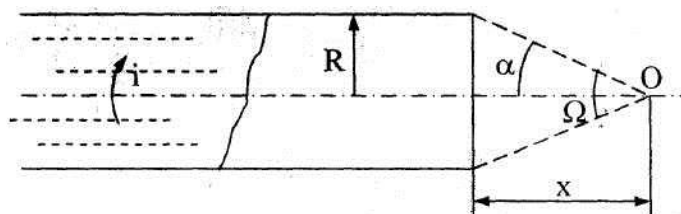


Рис. 2

Подставляем телесный угол  $\Omega$  в формулу (4), находим значение индукции  $\vec{B}$  в точке  $O$ :

$$B = \frac{\mu_0}{2} i \left( 1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} \right).$$

УДК 630\*377.44

## ПЕРСПЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОРТИМЕНТНОЙ ЗАГОТОВКИ ДРЕВЕСИНЫ В РАЙОНАХ СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

А.С. Войнаш, С.А. Войнаш

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Предложена технология подвозки и вывозки сортиментов по методу единого транспортного пакета. Рассмотрена конструкция самосвального сортиментовоза для такой технологии.

В мире сейчас преобладают две технологии лесозаготовок: хлыстовая и сортиментная. Вторая экономически выгоднее: при ней производительность труда в 2,5 раза выше. Не случайно все европейские страны, и прежде всего северные, работают именно по этой технологии, известной как скандинавская. В России переход на прогрессивную скандинавскую технологию сдерживает отсутствие соответствующей техники отечественного производства, что обусловлено недостаточным вниманием в предшествующие периоды к теории и практике проектирования машин для сортиментной заготовки древесины. Так как лесозаготовительная база в районах Сибири и Дальнего Востока мощная, создаваемая в России техника должна быть максимально приспособлена для работы в этих районах.

В настоящее время в Рубцовском индустриальном институте АлтГТУ им. И.И. Ползунова (РИИ АлтГТУ) при активном участии авторов ведется разработка нового лесотранспортного средства – гусеничного трактора-сортиментовоза (форвардера) на базе манипуляторной трелевочной машины производства ОАО “Алтайское тракторостроительное объединение” [1,2,3,4]. Такое лесотранспортное средство, обладая повышенной опорной проходимостью, существенно отличается от широко известных колесных сортиментовозов зарубежного производства возможностью движения в тяжелых почвенно-климатических условиях, характерных для лесозаготовительного производства в районах Сибири и Дальнего Востока.

Известно, что на верхнем складе стрелеванные сортименты подлежат перегрузке на лесовозные автомобили для последующей вывозки. При данной операции выполняется штучная или микропачками разгрузка сортиментов с грузовой платформы форвардера. Анализ показал, что одной рейсовой нагрузки (примерно 10...12 м<sup>3</sup>) разрабатываемого гусеничного форвардера может оказаться недостаточно для полной загрузки лесовозного автомобиля. Таким образом, для повышения эффективности вывозки сортиментов возможно использование двух вариантов перегрузки сортиментов:

1. Одновременное применение двух и более гусеничных форвардеров для обеспечения номинальной рейсовой нагрузки каждого лесовозного автомобиля.

2. Создание на верхнем складе достаточного запаса сортиментов путем их временного штабелирования на грунте.

Использование первого варианта проблематично, так как требует наличия большего количества техники и согласования графиков движения форвардеров и лесовозных автомобилей.

Использование второго варианта также имеет ряд отрицательных последствий: увеличение объема погрузочно-разгрузочных работ на верхнем складе, возможное повышение степени загрязненности сортиментов и др. Однако отсутствие жесткой привязки графиков движения форвардеров и лесовозных автомобилей позволяет добиться достаточной эффективности работы.

Проведенный в РИИ АлтГТУ анализ показал, что для реализации второго варианта целесообразно приспособить гусеничный форвардер к пакетной разгрузке сортиментов, например, самосвальным методом. Проблема решена авторами на патентном уровне: предложен ряд оригинальных конструкций гусеничных форвардеров самосвального типа (патенты РФ №№ 91251, 2418695, 2461472).

Дальнейшее развитие технологии лесозаготовок должно проходить в направлении снижения объема переместительных операций типа “подъем-опускание сортиментов”. Изучение опыта смежных отраслей показало, что при транспортировке грузов прогрессивным организационно-техническим решением является применение метода так называемого единого транспортного пакета, основанного на использовании возвратной тары в виде большегрузных контейнеров и системы “мультилифт”.

Авторами проанализирована возможность использования при подвозке и вывозке заготовленной древесины единого транспортного пакета сортиментов, формируемого на лесосеке и передаваемого на верхнем складе автомобилям-лесовозам для дальнейшей транспортировки на нижний склад. По мнению авторов, такая технология может быть реализована путем приспособления грузовой платформы форвардера самосвального типа к транспортировке и самосвальной разгрузке на грунт специального съемного контейнера, служащего для размещения и закрепления в нем сортиментов. Предложение авторов оформлено в виде заявки на предполагаемое изобретение [5].

Предложенное решение поясняется чертежами на рис. 1. Сортиментовоз содержит гусеничное шасси 1 манипуляторной машины повышенной грузоподъемности с остовом 2, в передней части которого размещен манипулятор 3 со стрелой и грузозахватным органом, а в средней и задней частях – размещена грузовая платформа 4. Рама 5 грузовой платформы 4 снабжена роликом 6, установленным в горизонтальной плоскости перпендикулярно продольной оси рамы 5, причем его ось неподвижно закреплена в задней части рамы платформы 4 так, что наружная поверхность качения ролика 6 расположена ниже верхней плоскости рамы 5 платформы 4.

В центральной части грузовой платформы 4 размещен ролик 7, установленный в горизонтальной плоскости перпендикулярно продольной оси рамы 5, при этом ось ролика 7 закреплена на рамке 8, снабженной гидроприводом поворота и установленной шарнирно на остова 2 шасси 1. Гидропривод поворота рамки 8 выполнен в виде нескольких (установленных параллельно) гидроцилиндров 9, одни концы которых закреплены на остова 2 шасси 1, а другие – прикреплены к рамке 8.

Грузовая платформа 4 снабжена съемным контейнером 10, имеющим днище 11, на котором установлены передняя 12 и задняя 13 стенки, связанные с днищем 11 ребрами жесткости 14. На наружных поверхностях стенок 12 и 13 закреплены скобы 15.

Сортиментовоз работает следующим образом.

При погрузке сортиментов и грузовом ходе сортиментовоза рамка 8 находится в крайнем горизонтальном положении (штоки гидроцилиндров 9 втянуты). Съемный контейнер 10 установлен на верхнюю плоскость рамы 5 грузовой платформы 4 и не касается наружной поверхности качения ролика 6. Манипулятором 3 осуществляется погрузка сортиментов в контейнер 10. Увеличение до шести числа опорных катков по борту, обеспечивая повышенную грузоподъемность шасси 1, позволяет значительно поднять рейсовую нагрузку сортиментовоза при грузовом ходе.

При разгрузке на грунт съемного контейнера 10 с пакетом сортиментов рамка 8 поворачивается гидроприводом в продольной вертикальной плоскости (штоки гидроцилиндров 9 вытягиваются). Ролик 7 получает вертикальное перемещение над верхней плоскостью рамы 5 платформы 4 и приподнимает над ней переднюю часть контейнера 10 с пакетом сортиментов. В результате наклона контейнера 10 относительно опорной поверхности сортиментовоза задняя часть днища 11 контейнера 10 взаимодействует с внешней поверхностью качения ролика 6, благодаря чему создаются условия для самосвальной разгрузки контейнера 10 с пакетом сортиментов. Ролики 6 и 7 обеспечивают эффективность самосвальной разгрузки, снижая потребный угол наклона контейнера 10 за счет трения качения днища 11. Задняя стенка 13 удерживает сортименты в контейнере 10. Самосвальная разгрузка завершается выездом сортиментовоза из-под разгружаемого контейнера 10 с пакетом сортиментов.

Последующая погрузка контейнера 10 с пакетом сортиментов с грунта на лесовозный автомобиль осуществляется по принципу “мультилифт” с использованием скоб 15.

Перед выполнением холостого хода сортиментовоза производится загрузка съемного контейнера 10 на грузовую платформу 4 с использованием скоб 15 и грузозахватного органа манипулятора 3.

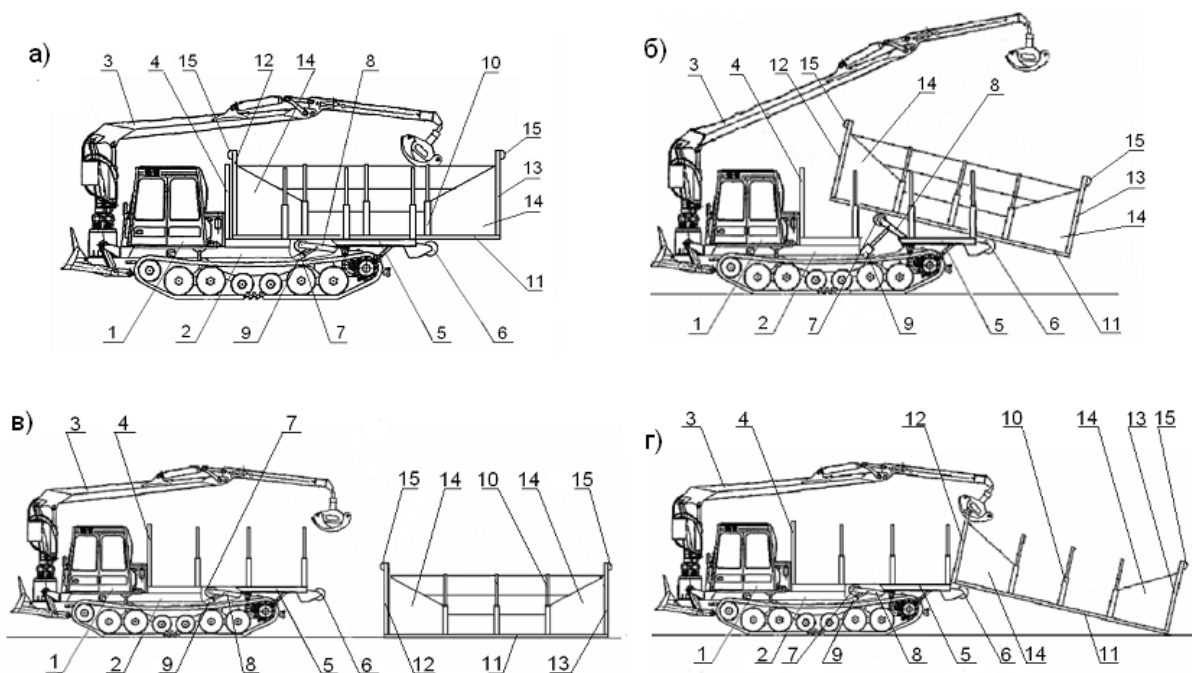


Рис. 1. Общий вид гусеничного сортиментовоза по заявке [5]:

- а – сортиментовоз при грузовом ходе, б – сортиментовоз при самосвальной разгрузке съемного контейнера с пакетом сортиментов, в – сортиментовоз после самосвальной разгрузки на грунт съемного контейнера с пакетом сортиментов,
- г – сортиментовоз при загрузке съемного контейнера на грузовую платформу перед выполнением холостого хода

Экономический эффект достигается за счет роста производительности труда при подвозке и вывозке сортиментов благодаря снижению времени как на разгрузку сортиментовоза при пакетной разгрузке сортиментов самосвальным методом на грунт, так и на погрузку на лесовозный автомобиль по принципу “мультилифт”.

#### Список литературы

1. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Гусеничный форвардер с системой пакетной выгрузки лесоматериалов // Строительные и дорожные машины. – 2012. – №9. – С. 13-16.
2. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Исследование влияния рейсовой нагрузки на проходимость гусеничного сортиментовоза // Известия вузов. Лесной журнал. – 2011. – №5. – С. 47-53.



3. Войнаш А.С., Войнаш С.А. О выборе типа сортиментовоза // Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2011. – №12. – С. 15-17. (Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 4).

4. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Гусеничный сортиментовоз. Информационный листок ИЛ 22-001-12 // Алтайский ЦНТИ. – Барнаул, 2012. – 4 с.

5. Заявка от 22.05.2012 г. № 2012121021/11 (031813) РФ на предполагаемое изобретение “Сортиментовоз”, авторы А.С. Войнаш, С.А. Войнаш. Оpubл. 20.09.2012 г. Бюл. №26.

ББК 74.5

## **ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС КОНСТРУКТОРСКОЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

А.С. Войнаш, С.А. Войнаш, Т.А. Жарикова  
*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Рассмотрен опыт РИИ по системному внедрению элементов научных исследований в учебный процесс конструкторских специальностей “Автомобиле- и тракторостроение” и “Сельскохозяйственные машины и оборудование”.

Отличительной чертой конструкторского труда является его творческий характер: конструктор является творцом новой техники, значительно превосходящей предшественников по совокупности параметров. Обеспечение высокого технического уровня разработок немислимо без проведения соответствующих теоретических и экспериментальных исследований. Отсюда видна актуальность такой организации учебного процесса по подготовке будущих инженеров-конструкторов, при которой обучаемые получают знания и навыки, обеспечивающие исследовательскую компетенцию.

В Рубцовском индустриальном институте (РИИ) накоплен определенный опыт системного внедрения элементов научных исследований в учебный процесс конструкторских специальностей “Автомобиле- и тракторостроение” и “Сельскохозяйственные машины и оборудование”. Можно выделить несколько уровней решения проблемы: верхний, средний и низший. На верхнем уровне основное внимание уделяется предложению в учебный план специальных дисциплин, в значительной степени акцентированных на получение знаний при помощи методов поискового характера, присущих научной деятельности. При этом многие вопросы носят постановочный характер, велика доля информации, генерируемой самими участниками учебного процесса. На низшем уровне предпочтение отдается насыщению традиционных дисциплин прикладными задачами, требующими для своего решения нетривиальных подходов. Средний же уровень можно квалифицировать как некоторое промежуточное состояние между высшим и низшим уровнями.

Примером верхнего уровня служит дисциплина “Экология автотракторного и сельскохозяйственного машиностроения”, изучаемая студентами пятого курса дневной формы обучения [1,5,9,10]. При всей “модности”

вопросов экологического образования приходится констатировать почти полное отсутствие в современной литературе внятных рекомендаций по экологическому проектированию сложной машиностроительной продукции. Разработка общих принципов экологического проектирования, формулирование методических подходов к экологической экспертизе технических решений по предлагаемым перспективным конструкциям узлов тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин выполняются в рамках названной дисциплины при активном соучастии студентов. Полученные пионерные результаты используются при курсовом и дипломном проектировании, находят отражение в материалах проводимых в институте ежегодных студенческих научно-технических конференций. Дисциплину по выбору “Патентоведение”, читаемую в институте уже два десятка лет, можно отнести к мероприятиям среднего уровня системного внедрения элементов научных исследований в учебный процесс. Наряду с изучением достаточно рутинных процедур оформления заявочных материалов на получение патентов на объекты интеллектуальной собственности студенты приобретают навыки творческого решения проектных задач на уровне изобретений [6].

По ряду традиционных дисциплин (“Конструирование и расчет трактора”, “Основы эргономики и дизайна автомобиля и трактора” и др.) авторами разработаны сборники прикладных задач и упражнений, активно применяемые при проведении практических занятий [2,3,7]. Следует отметить, что на занятиях при решении задач широко используется оригинальный метод малых творческих групп (МТГ), в составе которых объединяются два-три студента, причем приветствуется сочетание разнополых участников, участников с различным образовательным рейтингом. Цель метода МТГ состоит в активизации творческого потенциала студентов при решении небольших, но практически важных производственных задач по специальностям “Автомобиле- и тракторостроение” и “Сельскохозяйственные машины и оборудование”. В основе метода МТГ лежит развитие познавательных навыков студентов, умения самостоятельно конструировать свои знания, ориентироваться в информационном пространстве, развитие критического и творческого мышления, что очень важно в плане подготовки будущих конструкторов. В течение достаточно небольшого отведенного времени (до одного часа) члены МТГ проводят оперативный подбор и анализ литературных источников, разрабатывают концептуальные подходы к решению задачи, получают результат, оформляют и устно защищают отчет о работе. При методе МТГ преподавателю отводится роль разработчика, координатора, эксперта, консультанта. Практические задачи или проблемы, требующие интеграции знаний из различных предметных областей, разрабатываются преподавателем заблаговременно и публикуются, в том числе в виде методических указаний или учебных пособий.

Большие возможности в плане развития творчества предоставляет курсовое и дипломное проектирование по конструкторским специальностям. Курсовые и дипломные работы студентов имеют зачастую научно-

исследовательский характер, что находит отражение в соответствующих публикациях и участии студентов в научно-технических конференциях внутривузовского, регионального и всероссийского уровней. Так, за период с 1994 по 2012 гг. под руководством одного из авторов (Войнаша А.С.) подготовлены доклады 72 студентов, часть из которых отмечена призовыми местами. В последнее время за участие в открытом конкурсе на лучшую научную работу 4 студента награждены дипломами Минобрнауки России, 1 студент стал победителем (1 место) Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов в области технических наук в рамках Всероссийского фестиваля науки (Москва, 2011 г.), 2 студента признаны победителями отборочных туров Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов, аспирантов и молодых ученых по нескольким междисциплинарным направлениям (“Эврика-2011“ и “Эврика-2012“, г. Новочеркасск). Студенты активно участвовали с проектами в работе Всероссийского конкурса УМНИК (ноябрь 2011 г.), в конкурсе «Студенты, аспиранты и молодые ученые – малому наукоемкому бизнесу – «ПОЛЗУНОВСКИЕ ГРАНТЫ», в ежегодном конкурсе инновационных проектов «Новый Алтай» (июнь 2012 г.) и др. Подготовка материалов для участия в подобных конкурсах стимулирует проведение студенческих научно-исследовательских работ, способствует росту творческого потенциала будущих конструкторов.

С целью повышения роли исследовательской составляющей в учебном процессе на выпускающей кафедре “Наземные транспортные системы” РИИ подготовлен темник к курсовому и дипломному проектированию по конструкторским специальностям “Автомобиле- и тракторостроение” и “Сельскохозяйственные машины и оборудование”, представляющий собой сборник развернутых аннотаций по схемным отдельным вопросам научно-технических проблем, решаемым профессорско-преподавательским составом кафедры. Так, в темнике приведены десятки оригинальных схемных конструктивных решений по фронтальному агрегатированию, по туристическому автомобилю типа “Багги”, по транспортно-технологическим машинам на базе малогабаритного энерго модуля ЭМ-0,6 разработки РИИ, по гусеничному сортиментовозу самосвального типа и др., по которым сотрудниками кафедры получены патенты Российской Федерации на изобретения и полезные модели [8]. Студентам предлагается провести практическое конструирование по данным схемным решениям: выполнить необходимые инженерные и технико-экономические расчеты, разработать принципиальные кинематические и гидравлические схемы, сборочные и рабочие чертежи, составить химмотологические карты, технические описания и инструкции по эксплуатации, провести оценку технического уровня и т.д. Учитывая, что предлагаемые к исполнению работы не имеют фактически предшественников ввиду мировой новизны названных схемных конструктивных решений, следует ожидать от студентов повышенного уровня творчества при разработке соответствующих курсовых и дипломных проектов.

Одной из организационных форм, способствующих успешному выполнению таких работ исследовательского плана, является групповой курсовой или дипломный проект. В предшествующие годы на выпускающей кафедре неоднократно защищались групповые дипломные проекты, подавляющая часть которых сопровождалась выполнением разработанных конструкций в виде натуральных образцов мобильной техники.

Значительно повышает исследовательский характер дипломного проекта теоретический лист, помогающий выявить и выпукло представить междисциплинарные связи. Методика разработки такого листа предложена на выпускающей кафедре [4].

В целом, накопленный в РИИ опыт убедительно доказывает возможность значительного усиления роли исследовательской составляющей в учебном процессе. Результатом такого усиления явится подготовка креативных специалистов, способных успешно работать в условиях рыночной экономики.

#### Список литературы

1. Войнаш А.С., Бутовский М.Э., Жарикова Т.А. Экологическое образование студентов автотракторных специальностей // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №4. – С. 17-18.

2. Войнаш А.С. Сборник задач и упражнений по дисциплине "Лесопромышленные тракторы"/ Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2001. – 15 с.

3. Войнаш А.С. Сборник задач и упражнений по дисциплине "Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов" / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2001. – 15 с.

4. Войнаш А.С. Теоретический лист проекта трактора / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2001. – 15 с.

5. Войнаш А.С., Войнаш С.А., Жарикова Т.А. Экологическое образование студентов конструкторских специальностей // Повышение экологической безопасности автотракторной техники: сб. статей; под ред. д.т.н., профессора, академика РАТ А.Л. Новоселова / Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И.И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – С. 108-110.

6. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Контрольная работа по дисциплине "Защита интеллектуальной собственности": Методические указания для студентов конструкторских специальностей 190201.65 "Автомобиле- и тракторостроение" и 190206.65 "Сельскохозяйственные машины и оборудование" / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2011. – 21 с.

7. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Справочные материалы по трактору Т-404: Учебное пособие к выполнению расчетных работ и курсового проектирования по дисциплине "Конструирование и расчет трактора", для самостоятельной работы и дипломного проектирования студентов заочной, заочно-ускоренной и дневной форм обучения специальности 190201.65 "Автомобиле- и тракторостроение" / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2008. – 57 с.

8. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Сборник заданий и упражнений по патентным материалам РИИ: Учебное пособие по специальным дисциплинам для самостоятельной работы, курсового и дипломного проектирования студентов заочной, заочно-ускоренной и дневной форм обучения специальностей 190201.65 "Автомобиле- и тракторостроение" и 190206.65 "Сельскохозяйственные машины и оборудование" / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2012. – 65 с.

9. Войнаш А.С., Жарикова Т.А. Формирование экологической культуры студентов конструкторских специальностей / Актуальные проблемы развития профессионального образования: Материалы региональной конференции, 29-30 ноября 2007 г. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2008. – С. 100-103.

10. Войнаш С.А., Жарикова Т.А., Войнаш А.С. Некоторые аспекты формирования экологической культуры будущего конструктора в процессе профессионального образования / Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: Материалы XI всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 23-24 апреля 2009 г. Часть II / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2009. – С. 299-301.

УДК 631.173

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ МАЛЫХ ФОРМ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО КРАЯ**

С.А. Войнаш, Т.А. Жарикова, А.Я. Фрицлер, А.С. Войнаш

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Рассмотрены работы РИИ АлтГТУ по созданию комплекса малогабаритных транспортно-технологических машин для решения производственных задач в растениеводстве, животноводстве и других направлениях деятельности КФХ и ЛПХ в условиях лесостепной зоны Алтайского края.

Сельское хозяйство современной России характеризуется многоукладностью. Возникли, существуют и развиваются малые формы хозяйствования, представленные крестьянскими (фермерскими) хозяйствами (КФХ) и личными подсобными хозяйствами (ЛПХ) населения. На долю КФХ и ЛПХ приходится до 70% объема производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции (картофеля, овощей и др.).

Производственные процессы в КФХ и ЛПХ сопровождаются транспортировкой различных грузов: сельскохозяйственной продукции, удобрений, топлива, строительных материалов и т.п. По имеющимся данным, ежегодный объем транспортируемых грузов может достигать 30...50 т на 1 га земельных угодий. Транспортные работы в КФХ могут быть выполнены с использованием как собственной, так и арендованной техники. Анализ показал, что большую часть транспортных работ (до 60...70% объема) целесообразно выполнять на базе кратковременно арендованной крупнотоннажной автотракторной техники: самосвалов типа КамАЗ или тракторов К-700 с

прицепами. Это позволяет обеспечить транспортировку грузов в сжатые сроки, экономя трудовые ресурсы хозяйства. Остальная часть транспортной работы, что эквивалентно для условий среднего КФХ перемещению примерно 1 т грузов ежедневно, требует применения таких транспортных средств, техническая характеристика которых формируется значением номинальной рейсовой нагрузки 900...1200 кг.

В нашей стране фактически серийно не изготавливаются малотоннажные грузовики сельскохозяйственного назначения грузоподъемностью 1 т. В последнее время созданием таких грузовиков занималась в НАМИ группа исследователей под руководством д.т.н. Дзюценидзе Т.Д. Выполнен комплекс теоретических исследований для обоснования параметров малотоннажных транспортных средств сельскохозяйственного назначения с широкими функциональными возможностями, изготовлены опытные образцы, проведены экспериментальные исследования, см. [11, 12, 13].

Следует отметить, что аналогичную проблему в 90-х годах XX века изучал в Рубцовском индустриальном институте (филиале) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (РИИ АлтГТУ) творческий коллектив под руководством д.т.н. Ситникова В.Р. [14, 15, 16, 17]. По ряду позиций достижения данного творческого коллектива остаются актуальными: общая компоновка малотоннажного транспортного средства, виды агрегатирования, обоснование схем трансмиссии, предложения по выбору параметров системы подрессоривания и др. К проведению работ в РИИ АлтГТУ широко привлекалась студенческая молодежь, многие технические решения по транспортному средству в целом и по отдельным его системам и узлам легли в основу курсовых и дипломных проектов, получили патентную защиту как изобретения и полезные модели.

В ходе исследований, проведенных в РИИ АлтГТУ, разработан малогабаритный двухосный автотрактор (энергомодуль) ЭМ-0,6, ставший базой семейства блочно-модульных машин различного технологического назначения [1, 2, 3, 5, 6].

Анализ показал, что КФХ и ЛПХ лесостепной зоны Алтайского края сталкиваются с необходимостью выполнения целого ряда транспортных работ, требующих применения разнообразных малогабаритных транспортно-технологических машин (ТТМ) на базе автотрактора. Так, для перевозки насыпных грузов (удобрений, незатаренного картофеля и т.п.) требуется малотоннажный грузовой автомобиль (МГА) с самосвальным кузовом, для транспортировки (трелевки) деревьев должен использоваться малогабаритный трелевочный трактор (МТТ), оснащенный погрузочным щитом и тяговой лебедкой. Перевозка наливных, затаренных и штучных грузов возможна при наличии соответствующих приспособлений и механизмов.

Технический уровень механизации транспортных процессов в КФХ и ЛПХ во многом определяется временем и затратами ручного труда погрузочно-разгрузочных операций. Учитывая тенденции развития отечественных и зарубежных малотоннажных транспортных средств, в ближайшей перспективе

необходимо обеспечить их набором унифицированных средств погрузки-разгрузки (УСПР). Преимуществами таких средств, по сравнению с другими вариантами погрузки-разгрузки (за счет применения специализированных машин), являются: 1) малые объем и масса устройства; 2) низкое потребление энергии; 3) снижение времени на переналадку под конкретный вид груза.

Взаимное влияние параметров МГА и УСПР имеет сложный и часто неявный характер, что не позволяет выявить адекватные зависимости, связывающие параметры УСПР с конструктивными параметрами и режимами использования МГА. Отсутствуют экспериментальные данные о влиянии параметров УСПР на длительность погрузки-разгрузки. Нет математической модели процессов погрузки-разгрузки МГА с УСПР, позволяющей определить влияния режимов функционирования и конструктивных параметров УСПР на производительность МГА.

На базе предложенного в РИИ АлтГТУ автотрактора (энергомодуля) ЭМ-0,6 авторским коллективом в 2008...2012 годах на патентном уровне проведены разработки, схематично представленные на рис. 1, позволяющие получить новый продукт – комплекс высокоунифицированных легкомонтируемых устройств, обеспечивающих самопогрузку-разгрузку грузов и повышение проходимости в сложных дорожных условиях при выполнении транспортных перевозок в хозяйствах малых форм лесостепных районов Алтайского края и других регионов России.

Предлагаемый комплекс устройств позволяет получить в соответствии с решаемыми производственными задачами в растениеводстве, животноводстве и других направлениях деятельности КФХ и ЛПХ в условиях лесостепной зоны Алтайского края, необходимые транспортно-технологические комплектации. Так, грузовая платформа, оснащенная коником (рис. 1е), обеспечивает погрузку на автотрактор стволов деревьев (хлыстов) при транспортировке древесины; механизм порционной разгрузки самосвального кузова (рис. 1к) позволяет использовать автотрактор в качестве транспортного средства для порционного внесения органических удобрений на полях или для раздачи кормов животным в животноводческих помещениях; погрузочно-транспортное устройство для перевозки рулонного сена (рис. 1з) и погрузочные устройства для штучных и затаренных грузов (рис. 1д, 1ж, 1и) практически полностью исключают использование ручного труда на погрузочных операциях сельскохозяйственного производства; полугусеничный ход (рис. 1б) со сниженным сопротивлением крутому повороту помогает повысить маневренность автотрактора, его проходимость и экономичность на малосвязных водонасыщенных грунтах, глубоком снегу и в других подобных сложных дорожных условиях.

В настоящее время авторским коллективом проводится необходимое теоретическое обоснование предложенных схемных конструктивных решений [7,8,10,18]. С позиций системного подхода комплекс ТТМ является системой первого (высшего) уровня, базовый автотрактор ЭМ-0,6 и монтируемые на него средства погрузки-разгрузки (СПР) – системами второго уровня; трансмиссия,

гидропривод, ходовой аппарат и прочее – системами третьего уровня, узлы – четвертого и т.д., вплоть до отдельных деталей, см. рис. 2. При этом система более высокого уровня предопределяет основные параметры системы низшего уровня, а, в силу обратной взаимосвязи, качество высшей системы определяется составляющими ее подсистемами. Поэтому, анализируя технологию работы и конструкции комплекса машин, можно выявить требования к базовому автотрактору. Привлекая сведения об общих тенденциях развития растениеводства, животноводства, сельскохозяйственного машиностроения, тракторостроения и смежных отраслей, можно сформировать прогноз на перспективу и на его основе разработать требования к соответствующим подсистемам.

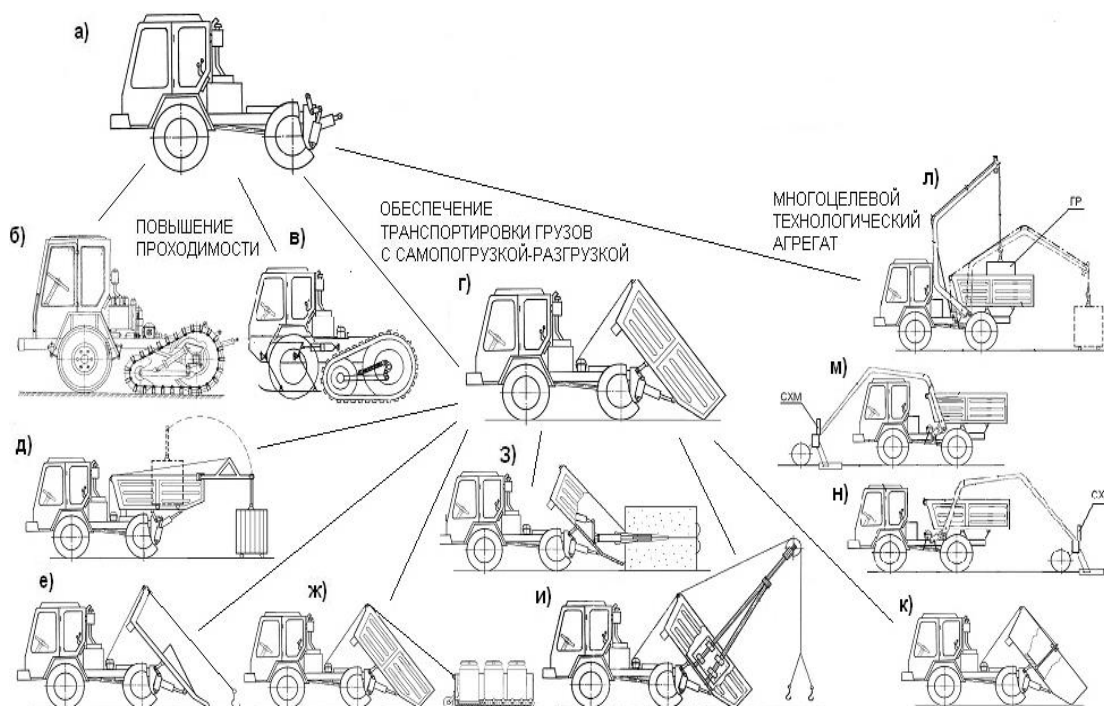


Рис. 1. Схема разработки на патентном уровне вопросов создания транспортно-технологических машин на базе автотрактора:

- а – базовое шасси-энергомодуль ЭМ-0,6; б – применение полугусеничного хода с подъемом отстающего борта при крутом повороте (патент РФ №2441794);
- в – применение полугусеничного хода и переднего моста, оборудованного гидроуправляемой лыжей (патент РФ №84336); г – самосвальный кузов аппаратного типа (патент РФ №103332); д – механизм для контейнерной погрузки-разгрузки (патент РФ №111071);
- е – малогабаритный трелевочный трактор (заявка на предполагаемое изобретение от 16.03.2012 г. №2012110274/11); ж – механизм кассетной погрузки-разгрузки молочных флагов (патент РФ №111072); з – сеноуборочный агрегат (заявка на предполагаемое изобретение от 03.05.2012 г. №2012118445/11); и – механизм погрузки-разгрузки с навесной стрелой ферменного типа (патент РФ №2449902); к – механизм порционной разгрузки кузова (положительное решение по заявке на предполагаемое изобретение от 28.07.2011 г. №2011131419/11); л, м, н – перенастраиваемый многоцелевой технологический агрегат (заявка на предполагаемое изобретение от 27.01.2012 г. №2012102878/11)



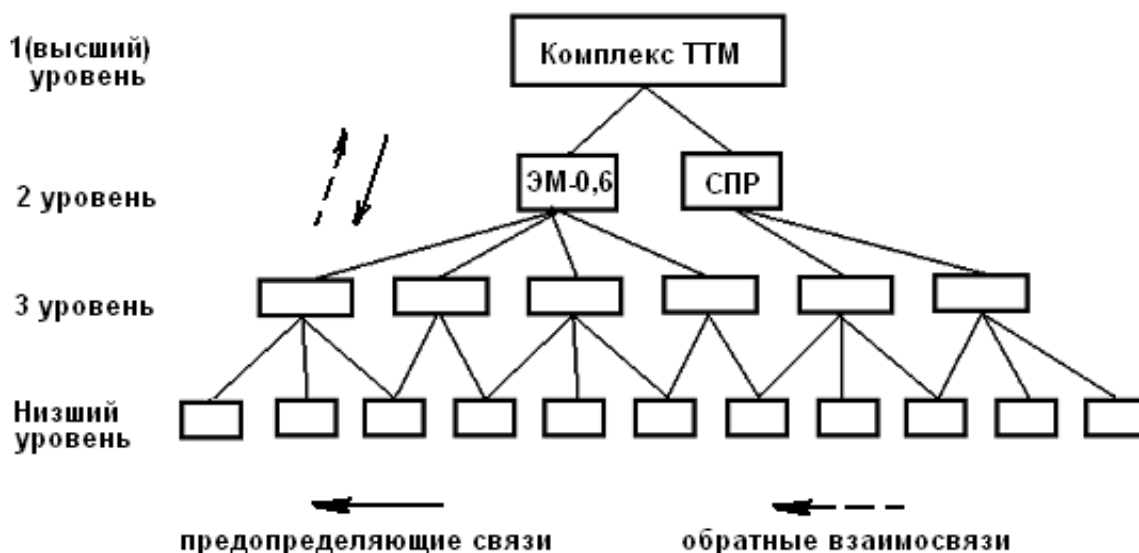


Рис. 2. Схемный подход при разработке мобильной техники

Учет предопределяющих связей и обратных взаимосвязей можно проиллюстрировать на следующих примерах. Так, необходимость выполнения комплекса транспортных работ в зимнее время, в условиях снежного покрова большой высоты, потребовало от автотрактора повышенной проходимости, что может быть обеспечено установкой на ведущие колеса обоих бортов легкоъемных полугусеничных ходов. Однако при крутых поворотах транспортного средства возможно заглохание двигателя автотрактора, так как сопротивление повороту значительно, а автотрактор оснащен двигателем сравнительно небольшой мощности (21 кВт). Возникшее техническое противоречие разрешается использованием схемного решения по патенту РФ №2441794, предусматривающего подъем полугусеничного хода отстающего борта при крутом повороте. Проведенные теоретические расчеты показали, что при таком подъеме следует ожидать снижения затрат мощности двигателя примерно на 20% [9].

Стремление обеспечить саморазгрузку ТТМ привело к установке самосвального кузова, а требование простой самопогрузки штучных и затаренных грузов (например, сортиментов при заготовке стволовой древесины в ленточных борах Алтайского края) предопределило конструкцию самосвального кузова: он выполнен аппаратного типа (с упором в грунт в крайнем положении) и без заднего борта. В свою очередь, особенности работы ТТМ с самосвальным кузовом аппаратного типа потребовали соответствующей организации поста управления автотрактора: повышенной обзорности, применения поворотного сиденья и сдублированного управления на задней стенке кабины [4].

Работы по созданию мобильной техники для малых форм хозяйствования в районах лесостепи Алтайского края уже прошли ряд этапов, впереди

практическое конструирование и изготовление опытных образцов для проведения натурных испытаний.

#### Список литературы

1. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Двухосный автотрактор тягового класса 0,6 и семейство транспортно-технологических машин на его базе. Информационный листок ИЛ 22-001-10 // Алтайский ЦНТИ. – Барнаул, 2010. – 5 с.

2. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Погрузочно-транспортное средство на базе двухосного автотрактора класса 0,6. Информационный листок ИЛ 22-003-12 // Алтайский ЦНТИ. – Барнаул, 2012. – 4 с.

3. Войнаш А.С., Войнаш С.А. Транспортное средство на базе двухосного автотрактора класса 0,6. Информационный листок ИЛ 22-002-12 // Алтайский ЦНТИ. – Барнаул, 2012. – 5 с.

4. Войнаш С.А. Особенности организации поста управления автотрактора // Материалы 77-й Международной научно-технической конференции ААИ «АВТОМОБИЛЕ- И ТРАКТОРОСТРОЕНИЕ В РОССИИ: ПРИОРИТЕТЫ РАЗВИТИЯ И ПОДГОТОВКА КАДРОВ». Книга 1, 2012. – С. 156-158.

5. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Анализ концептуальных подходов к решению проблемы механизации работ в крестьянских (фермерских) хозяйствах // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №3. – С. 51-55.

6. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Мини-грузовик для фермеров // Молодежь. Наука. Будущее: технологии и проекты: материалы международной науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов, 21-22 октября 2011 г.: в 3 т. Т. 1. – Казань: Изд-во «Познание» Института экономики, управления и права, 2012. – С. 353-356.

7. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Особенности проектирования колесного малогабаритного трелевочного трактора // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – №11.

8. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Транспортно-технологическая машина для внесения органических удобрений // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – №12. – С.12-14.

9. Войнаш С.А., Войнаш А.С. Снижение затрат мощности при повороте машины с полугусеничным ходом / Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы I всероссийской научно-технической конференции 23-25 ноября 2011 г. / Под ред. к.т.н., профессора А.Н. Площаднова / Рубцовский индустриальный институт. – Рубцовск, 2011. – С. 372-375.

10. Войнаш С.А., Фрицлер А.Я. Разработка транспортного малотоннажного средства с устройствами самопогрузки-разгрузки грузов для крестьянских (фермерских) хозяйств // Сборник работ победителей отборочного тура Всероссийского смотра-конкурса научно-технического творчества студентов вузов «ЭВРИКА», г. Новочеркасск, май-июль 2012 г. / Мин-во образования и науки РФ, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. (НПИ). – Новочеркасск: ЛИК, 2012. – С. 233-235.

11. Дзоценидзе Т.Д. Обоснование параметров малогабаритных транспортных средств сельскохозяйственного назначения с широкими функциональными возможностями: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01. – М.: МГАУ, 2009. – 33 с.

12. Дзоценидзе Т.Д. Создание малогабаритных транспортных средств для сельского хозяйства // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. – 2009. – №1. – С. 54-58.

13. Дзоценидзе Т.Д., Козловская М.А., Загарин Д.А., Журавлев А.В., Кабанин П.А. Автомобильный транспорт для малых форм хозяйствования. Конструкция и особенности эксплуатации. Монография. – М.: ЗАО «Металлургиздат», 2011. – 288 с.

14. Ситников В.Р. Концепция создания малогабаритного энерго модуля // Проблемы автоматизации и технологии в машиностроении: Тезисы докладов международной науч.-технич. конференции. – Рубцовск: РИИ АлтГТУ, 1994.

15. Ситников В.Р. Обоснование показателей малогабаритного многоцелевого энерго модуля в составе сельскохозяйственных агрегатов: диссертация ... доктора технических наук: 05.20.01. – Рубцовск, 1999. – 348 с.

16. Ситников В.Р., Войнаш А.С. Малогабаритный энерго модуль класса тяги 0,6 (ЭМ-0,6) // Совершенствование рабочих органов сельхозмашин и агрегатов: Тезисы докладов международной науч. – технич. конференции. – Барнаул: АлтГТУ, 1994. – С. 63-64.

17. Ситников В.Р., Жихарев В.Л., Войнаш А.С. Малогабаритные блочно-модульные машины // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1995. №6. – С.18-21.

18. Транспортно-технологические машины на базе энерго модуля класса 0,6. Повышение проходимости и обеспечение самопогрузки-разгрузки: Отчет о НИР / Рубцовский индустриальный институт (РИИ); Руководитель А.С. Войнаш; исполнители Войнаш С.А., Жарикова Т.А., Буткевич Е.О. №ГР 01201156914; Инв. №02201157410. – Рубцовск, 2011. – 68 с.

УДК 517.958

## **ОБ УСЛОВНОЙ КОРРЕКТНОСТИ РЕШЕНИЯ ОДНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УРАВНЕНИЙ МАКСВЕЛЛА**

Е.С. Глушкова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В работе рассматривается задача Коши с нулевыми начальными данными для системы уравнений Максвелла:

$$\nabla \times H = \varepsilon(E_t + \sigma E) + j, \quad \nabla \times E = -\mu H_t, \quad (1)$$

$$(E, H)_{t < 0} \equiv 0, \quad (x, t) \in R^4. \quad (2)$$

Здесь:

вектор-функции  $E, H$  – напряженности электрического и магнитного полей соответственно;

функция  $j(x, t) = j^0 \delta(x_1) \delta(t)$  – плотность внешнего тока;

$\delta$  – дельта – функция Дирака;

$\varepsilon, \mu$  – диэлектрическая и магнитная проницаемости среды соответственно;

$\sigma$  – коэффициент проводимости среды.

Пусть  $\varepsilon, \mu$  – положительные постоянные.

Будем считать, что носитель функции  $\sigma = \sigma(x)$  находится внутри шара  $B = B(x_0, R)$ , у которого центр  $x_0$  и радиус  $R$  фиксированы.

Пусть шар  $B$  содержится в области  $\{x \in R^3 \mid x_1 > 0\}$ . Возьмем число  $T > 0$  и определим область  $D = \{(x, t) \in R^4 \mid x \in \partial B, -\infty < t < T + x_1\}$ .

Пусть вектор  $(H, E)$  – решение задачи Коши (1), (2). Обратная задача заключается в определении функции  $\sigma(x)$ , если функция  $H$  и ее нормальная производная  $\frac{\partial H}{\partial n}$  известны области  $D$

$$H(x, t) = F(x, t), \quad \frac{\partial H}{\partial n} = G(x, t), \quad (x, t) \in D. \quad (3)$$

Пусть  $M(\sigma^*)$  – множество функций  $\sigma(x)$ , удовлетворяющих при некоторых положительных  $\sigma^*$  и  $d$  следующим условиям:

- 1)  $\sigma(x) \geq 0$ ,
- 2)  $\text{supp } \sigma(x) \subset B$ ,
- 3)  $\text{dist}(\partial B, \text{supp } \sigma) = d > 0$ ,
- 4)  $\|\sigma(x)\|_{H^1(R^3)} \leq \sigma^*$ .

При этих предположениях и при условии  $4R/T < 1$  доказано существование  $\sigma^* > 0$  такого, что если в классе функций  $M(\sigma^*)$  существует решение обратной задачи (1)-(3), то оно единственно. Так же в классе функции  $M(\sigma^*)$  получены оценки устойчивости решения задачи (1)-(2) по отношению к «малым» изменениям функций  $F(x, t), G(x, t)$ .

Таким образом, обратная задача (1)-(3) является условно корректной.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В РОТОРНОМ  
РАСПЫЛИТЕЛЬНОМ ИСПАРИТЕЛЕ ПРИ ДЕАЛКОГОЛИЗАЦИИ  
И КОНЦЕНТРИРОВАНИИ ЖИДКИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ  
В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛИЗАЦИИ ГОРЯЧЕГО  
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ПУЗЫРЬКАМИ ВОЗДУХА**

Доцент каф. ТиТМиПП, к.т.н. В.В. Гриценко

*Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО  
«Алтайский государственный технический университет  
им. И.И. Ползунова»*

В настоящей работе представлены результаты экспериментальных исследований теплообмена в роторном распылительном испарителе при деалкоголизации и концентрировании жидких пищевых продуктов в условиях турбулизации горячего теплоносителя пузырьками воздуха, определены рациональные режимы переработки плодово-ягодных экстрактов боярышника кроваво-красного и калины обыкновенной.

Роторный распылительный испаритель (РРИ) является теплообменником, изготовленным из двух концентрических цилиндров (рис. 1). В кольцевом зазоре между трубами движется греющий теплоноситель (горячая вода). Теплота передаётся от теплоносителя к внутренней стенке, в то время как внешняя – теплоизолирована.

Коэффициент теплоотдачи в кольцевом канале зависит от различных факторов и большого числа переменных параметров, обуславливающих процесс теплоотдачи в целом. В общем случае коэффициент теплоотдачи зависит от геометрических размеров, которые определяют форму профиля скорости, от отношения диаметров  $d_2$  и  $d_1$  (рис. 1), режима движения и температуры теплоносителя, физических свойств жидкости и др.

Для проведения экспериментальных исследований теплообмена была использована экспериментальная установка, основным элементом которой является вертикальный цилиндрический РРИ диаметром  $d_1=0,15$  м., содержащий 6 контактных элементов (КЭ) (рис. 1), поверхность корпуса, обогреваемая рубашками, составляет  $F=0,256$  м<sup>2</sup>. Распылитель имеет следующие характеристики; диаметр диспергирующего устройства –  $d_p=0,075$  м, а его высота –  $h_p=0,042$  м, диаметр распыливающих отверстий –  $d_o=2 \cdot 10^{-3}$  м, количество рядов отверстий – 7, количество отверстий в одном ряду – 32 (отверстия расположены в шахматном порядке). Высота контактного элемента –  $h=0,13$  м.

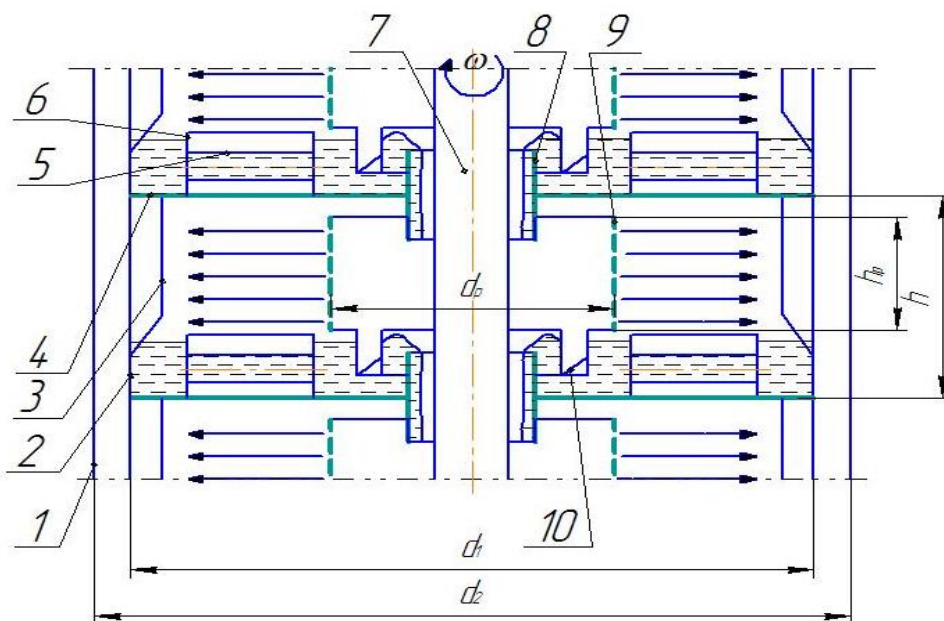


Рис. 1. Схема контактного элемента роторного распылительного испарителя:

- 1 – рубашка; 2 – обогреваемый корпус; 3 – пристенный каплеотбойник; 4 – тарелка; 5 – труба, для перетекания жидкости из периферийной части тарелки в питающую; 6 – направляющие пластинки; 7 – вал; 8 – труба переточная; 9 – диспергирующее устройство; 10 – заборное устройство

В ходе исследований было изучено влияние входных параметров и режимов на эффективность теплообмена в РРИ. Эффективность концентрирования растворов при упаривании оценивалась коэффициентом концентрирования, который представляет собой отношение  $\varepsilon = W_K / W_H$ , где  $W_K$ ,  $W_H$  – конечный и начальный объем упариваемого продукта. С уменьшением коэффициента  $\varepsilon$  эффективность концентрирования растворов увеличивается.

При проведении экспериментов в качестве модельных растворов использовались: водный раствор NaCl ( $C_{CB} = 8\%$  масс.), водный раствор этанола ( $C_{СП} = 5\%$  об.), водно – спиртовые экстракты боярышника кроваво-красного с концентрациями:

- $C_{CB} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- $C_{CB} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.

и водно – спиртовые экстракты калины обыкновенной с концентрациями:

- $C_{CB} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;
- $C_{CB} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об.

Исследования процесса теплообмена в условиях обогрева РРИ водно-воздушной смесью при концентрировании раствора хлористого натрия ( $C_{CB} = 8\%$  масс.) были проведены в диапазоне температур греющего агента  $t_{B,H} = 92 \dots 100$  °C с шагом в 4°С, расходе греющей воды  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с (3 м<sup>3</sup>/час) и подаче воздуха  $V_{ВОЗД} = 0 \dots 6,17 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с с шагом  $13,05 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с. Подача исходного продукта принималась  $V_H = 0,833 \cdot 10^{-6} \dots 1,94 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с (30...70 л/ч) с шагом  $5,5 \cdot 10^{-6}$

$6 \text{ м}^3/\text{с}$  (20 л/ч). Глубина вакуума в аппарате принималась равной  $p=88\dots96 \text{ кПа}$ , с шагом в 4 кПа.

Как показали проведенные эксперименты, при увеличении подачи воздуха коэффициент концентрирования  $\varepsilon$  уменьшается. Повышение глубины вакуума в аппарате и температуры греющего агента также ведет к снижению значения величины  $\varepsilon$ . Увеличение подачи исходного продукта ведет к росту коэффициента  $\varepsilon$ .

Максимальное повышение интенсивности концентрирования достигалось при  $V_H=8,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_{\text{ВОЗД}}=6,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t_{\text{В.Н}}=100^\circ\text{C}$  и  $p=96 \text{ кПа}$ , при этом уменьшение коэффициента концентрирования  $\varepsilon$ , по сравнению с  $\varepsilon$  при  $V_{\text{ВОЗД}}=0 \text{ м}^3/\text{с}$ , составляло 12,2%.

На рис. 2-4 представлены графические зависимости коэффициентов концентрирования  $\varepsilon$ , теплопередачи  $\bar{K}$  и теплоотдачи в греющей рубашке  $\bar{\alpha}_2$  от подач воздуха и исходного продукта.

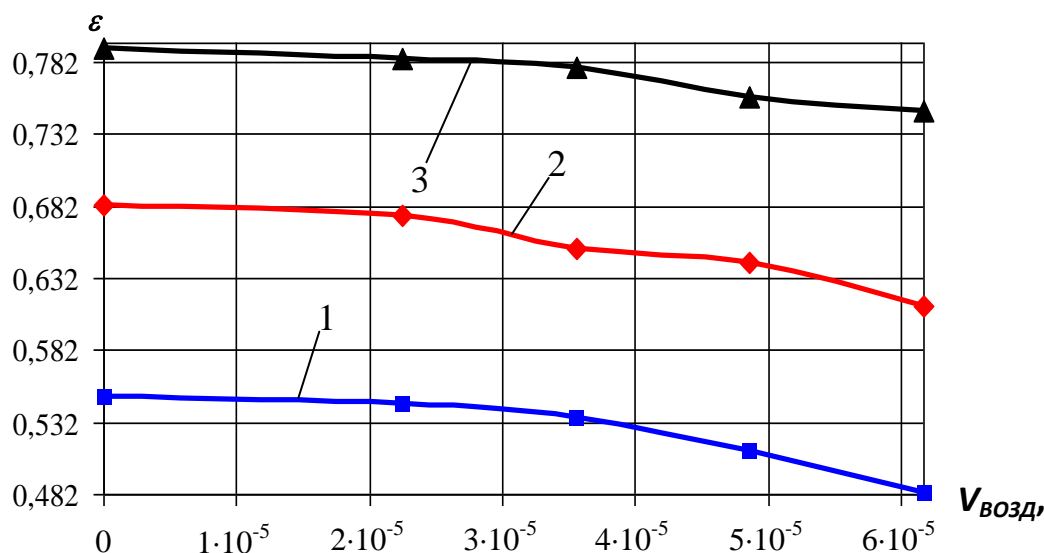


Рис. 2. Зависимость коэффициента  $\varepsilon$  от подачи воздуха  $V_{\text{ВОЗД}}$  при концентрировании раствора NaCl (8% масс.),  $p = 96 \text{ кПа}$ ,  $t_{\text{В.Н}} = 100^\circ\text{C}$ :  
 1 –  $V_H=8,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ ; 2 –  $V_H=1,39 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ; 3 –  $V_H=1,94 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$

Данные графики наглядно демонстрируют, что значения  $\bar{K}$  и  $\bar{\alpha}_2$  увеличиваются с увеличением  $V_{\text{ВОЗД}}$  и уменьшаются с ростом  $V_H$ . Максимальных значений  $\bar{\alpha}_{2 \text{ max}}=1964,701 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и  $\bar{K}_{\text{ max}}=982,351 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  достигают при  $V_{\text{ВОЗД}}= 6,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $t_{\text{В.Н}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 96 \text{ кПа}$  и  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ , это совпадает с условиями, обеспечивающими минимальное значение коэффициента  $\varepsilon$ .

Для определения рациональных, с практической точки зрения, режимов деалкоголизации водно-спиртовых экстрактов была проведена серия экспериментов на водно-спиртовом растворе с концентрацией  $C_{\text{СП}} = 5\% \text{ об.}$

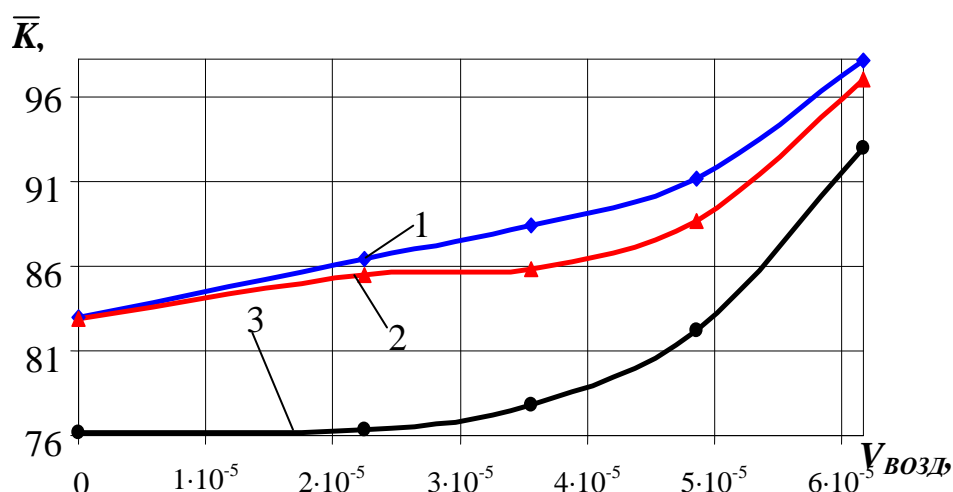


Рис. 3. Зависимость коэффициента  $\bar{K}$  от подачи воздуха  $V_{\text{ВОЗД}}$  при концентрировании раствора NaCl (8% масс.),  $p = 96$  кПа,  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$ :  
 1 –  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с; 2 –  $V_H = 1,39 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с; 3 –  $V_H = 1,94 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с

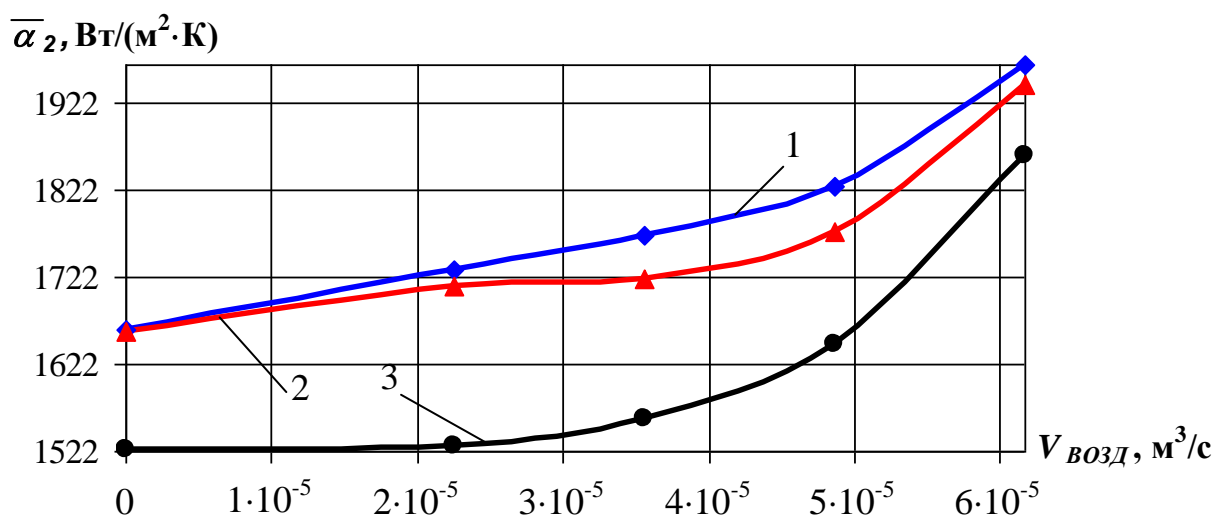


Рис. 4. Зависимость коэффициента  $\bar{\alpha}_2$  от подачи воздуха  $V_{\text{ВОЗД}}$  при концентрировании раствора NaCl (8% масс.),  $p = 96$  кПа,  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$ :  
 1 –  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с; 2 –  $V_H = 1,39 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с; 3 –  $V_H = 1,94 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с

Данные эксперименты проводились при следующих параметрах:  $V_H$  принималась равной  $8,33 \cdot 10^{-6}$  и  $13,8 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $V_{\text{ВОЗД}} = 6,17 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с,  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с,  $p = 96$  кПа,  $t_{B,H}$  принималась равной 84 и  $100^\circ\text{C}$ .

Критериями оценки рациональности режимов работы РРИ при деалкоголизации водно-спиртового раствора являлись количество проходов  $n$  продукта через аппарат для достижения полной деалкоголизации конечного продукта и концентрация спирта  $C_{\text{СП.К}}$  в конечном продукте после каждого прохода.

Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 5, из которого видно, что минимальное число проходов раствора через испаритель ( $n$



= 2) было достигнуто при  $V_H = 8,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$  (кривая 2 на рис. 5), однако концентрация спирта в конечном продукте после первого прохода составила  $C_{СП.К} = 3,41\%$  об. Такое высокое содержание спирта в конечном продукте можно объяснить тем, что на данном режиме работы РРИ наряду с испарением легкокипящего компонента (спирта) происходит интенсивное испарение воды, а это нежелательно при проведении деалкоголизации.

При деалкоголизации водно-спиртового раствора на режимах представленных на графике кривыми 1, 3 и 4 достичь концентрации спирта  $C_{СП.К} = 0\%$  об. в конечном продукте удалось за три прохода, но наиболее рациональным с точки зрения деалкоголизации исходного раствора следует считать режим  $V_H = 13,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$  (кривая 3 на рис. 5), так как он обеспечивает минимальные значения концентрации спирта в конечном продукте по проходам.

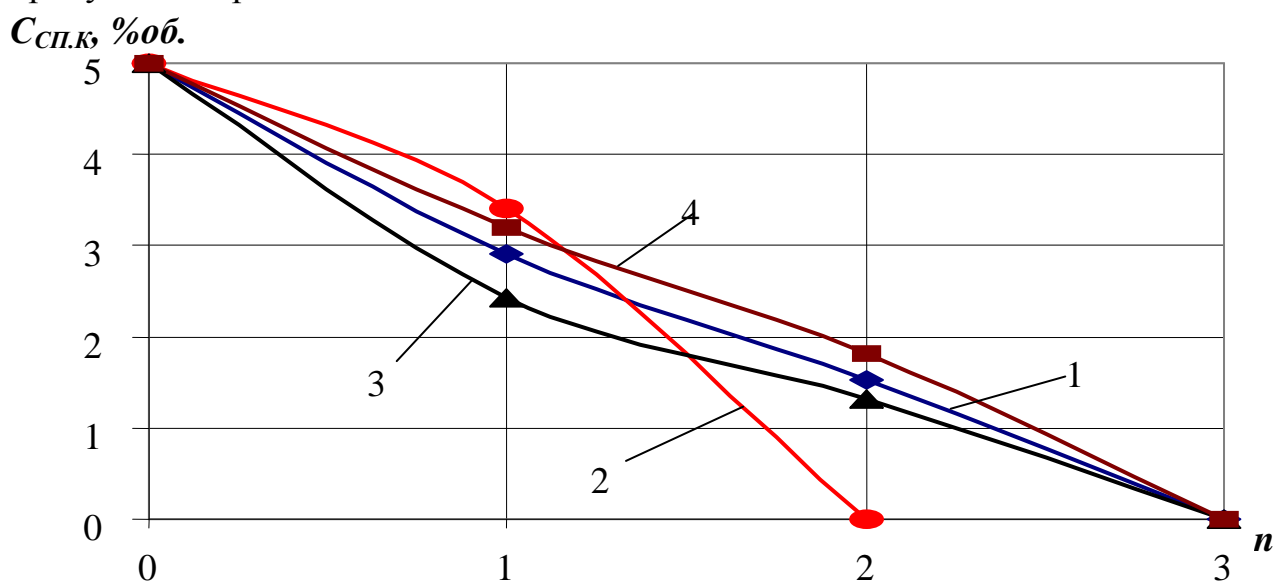


Рис. 5. Зависимость концентрации спирта в конечном растворе  $C_{СП.К}$  от числа проходов через испаритель  $n$ :

- 1 –  $V_H=8,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H}=84^\circ\text{C}$ ;
- 2 –  $V_H=8,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H}=100^\circ\text{C}$ ;
- 3 –  $V_H=13,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H}=84^\circ\text{C}$ ;
- 4 –  $V_H=13,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H}=100^\circ\text{C}$ .

Значения коэффициента  $\bar{K}$ , при проведении данных экспериментов, возрастали от прохода к проходу, что обуславливалось как ростом коэффициента теплоотдачи на КЭ РРИ  $\bar{\alpha}_1$ , так и ростом коэффициента теплоотдачи в греющей рубашке  $\bar{\alpha}_2$ .

Основной задачей данных экспериментальных исследований являлось определение рациональных, с практической точки зрения, режимов деалкоголизации и концентрирования водно – спиртовых экстрактов боярышника кроваво-красного и калины обыкновенной в РРИ. С этой целью была проведена серия экспериментов по деалкоголизации и концентрированию данных экстрактов. Результаты исследований представлены на рис. 6-10.

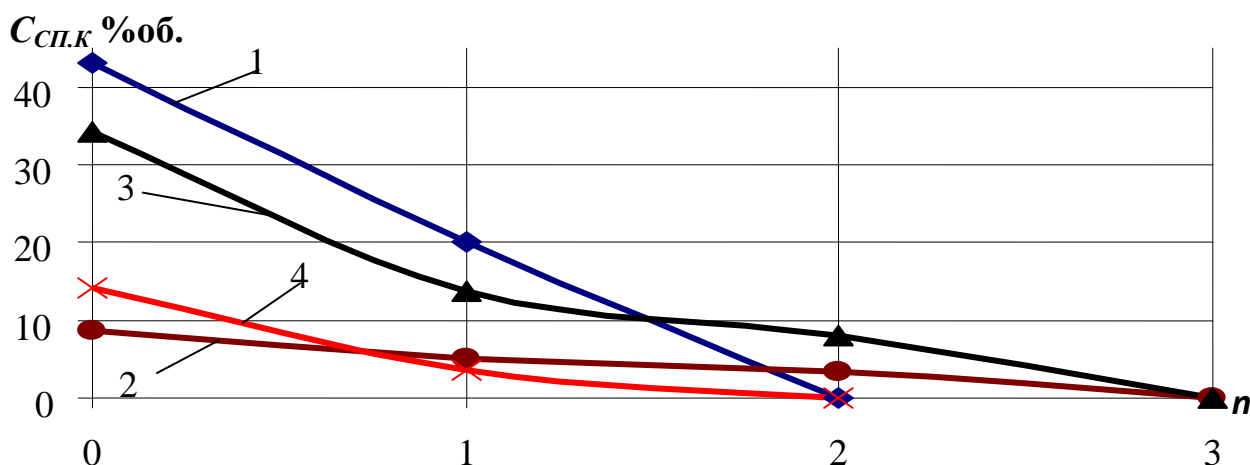


Рис. 6. Влияние числа проходов  $n$  экстракта через испаритель на концентрацию спирта  $C_{СП.К}$  в концентрате:

- 1 – экстракт боярышника  $C_{СВ} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- 2 – экстракт боярышника  $C_{СВ} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.;
- 3 – экстракт калины  $C_{СВ} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;
- 4 – экстракт калины  $C_{СВ} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об.

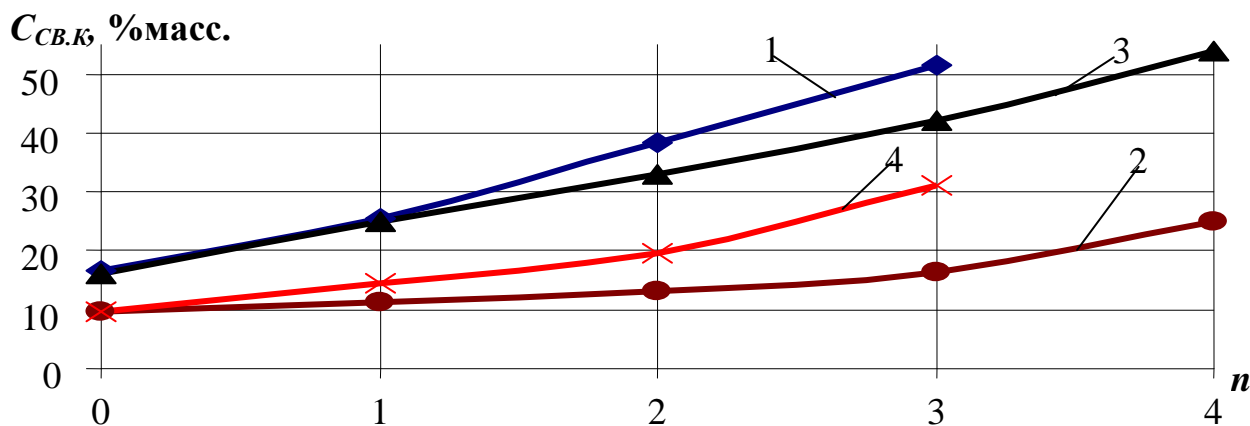


Рис. 7. Влияние числа проходов  $n$  экстракта через испаритель на концентрацию сухих веществ  $C_{СВ.К}$  в концентрате:

- 1 – экстракт боярышника  $C_{СВ} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- 2 – экстракт боярышника  $C_{СВ} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.;
- 3 – экстракт калины  $C_{СВ} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;

При проведении экспериментов параметры работы РРИ составляли:  $V_H = (8,33...16,6) \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с,  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с,  $V_{ВОЗД} = 6,17 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с,  $p = 96$  кПа,  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/с. Температура греющего агента на входе в РРИ принималась равной  $t_{В.Н} = 84^\circ\text{C}$  и  $t_{В.Н} = 100^\circ\text{C}$ .

Критерием оценки рациональности режимов работы РРИ было определено количество проходов продукта через аппарат для достижения следующего: 1 – полной деалкоголизации продукта ( $C_{СП.К} = 0$ ); 2 – максимально возможного содержания сухих веществ в полученном концентрате  $C_{СВ.К}$ .

$\bar{K}$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К)

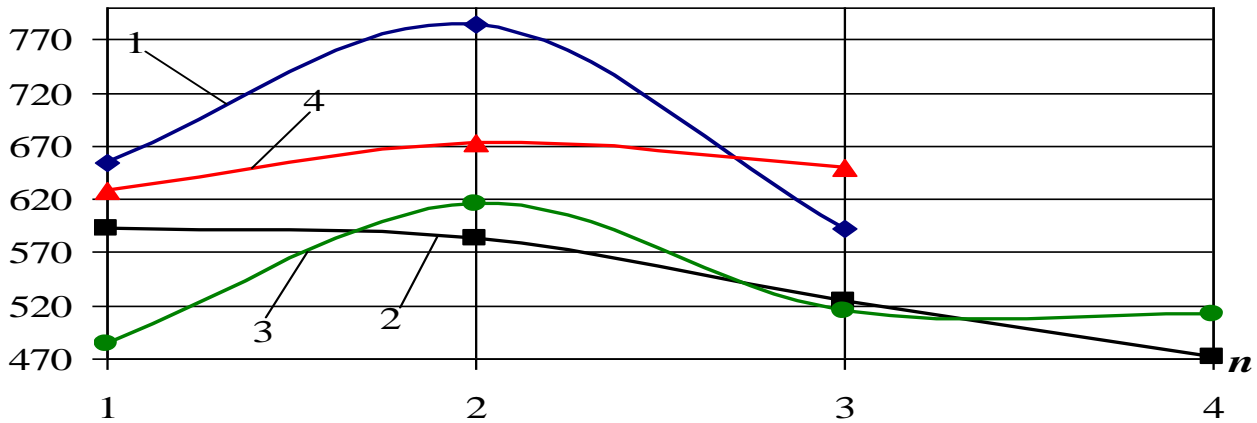


Рис. 8. Значения коэффициента теплопередачи  $\bar{K}$  по проходам экстрактов через РПИ:

- 1 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- 2 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.;
- 3 – экстракт калины  $C_{CB} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;
- 4 – экстракт калины  $C_{CB} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об.

Из данных, представленные на рис. 6 и 7, следует, что минимальное число проходов через испаритель ( $n = 2$ ), до полной деалкоголизации, было достигнуто для экстрактов боярышника кроваво-красного ( $C_{CB} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об., кривая 1 на рис. 6 и 7) и калины обыкновенной ( $C_{CB} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об., кривая 4 на рис. 6 и 7) при следующих режимах:

- для экстракта боярышника – на первом проходе  $V_H = 16,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ , на втором проходе  $V_H = 13,8 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ ;

- для экстракта калины на первом проходе –  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ , на втором проходе  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ . Концентрация сухих веществ в конечном продукте для этих экстрактов после трех проходов составила:

- для экстракта боярышника – 51,5% масс.;
- для экстракта калины – 31% масс.

Режимы работы РПИ на третьем проходе для обоих экстрактов составляли  $V_H = 8,33 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$ . Для сравнения, деалкоголизация экстракта калины с начальными концентрациями  $C_{CB} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об. (кривая 3 на рис. 6 и 7) была проведена за 3 прохода, а концентрация сухих веществ в конечном продукте после третьего прохода составила  $C_{CB,K} = 42,2\%$  масс., при следующих режимных параметрах работы РПИ:

- первый проход -  $V_H = 12,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ ;
- второй проход -  $V_H = 16,6 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ ;
- третий проход -  $V_H = 12,5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ .

Деалкоголизация экстракта боярышника с начальными концентрациями  $C_{CB} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об. (кривая 2 на рис. 6 и 7) была проведена за 3 прохода, а концентрация сухих веществ в конечном продукте после третьего

прохода составила  $C_{CB,K} = 16,4\%$  масс., при параметрах работы РРИ  $V_H = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$  и  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$  на всех трех проходах.

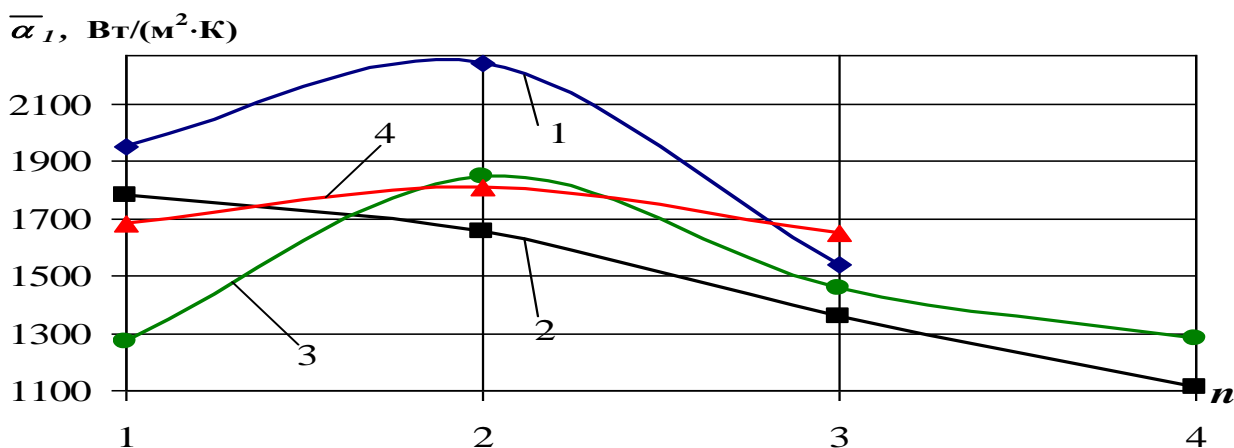


Рис. 9. Значения коэффициента теплоотдачи  $\bar{\alpha}_1$  по проходам экстрактов через РРИ:

- 1 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- 2 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.;
- 3 – экстракт калины  $C_{CB} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;
- 4 – экстракт калины  $C_{CB} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об.

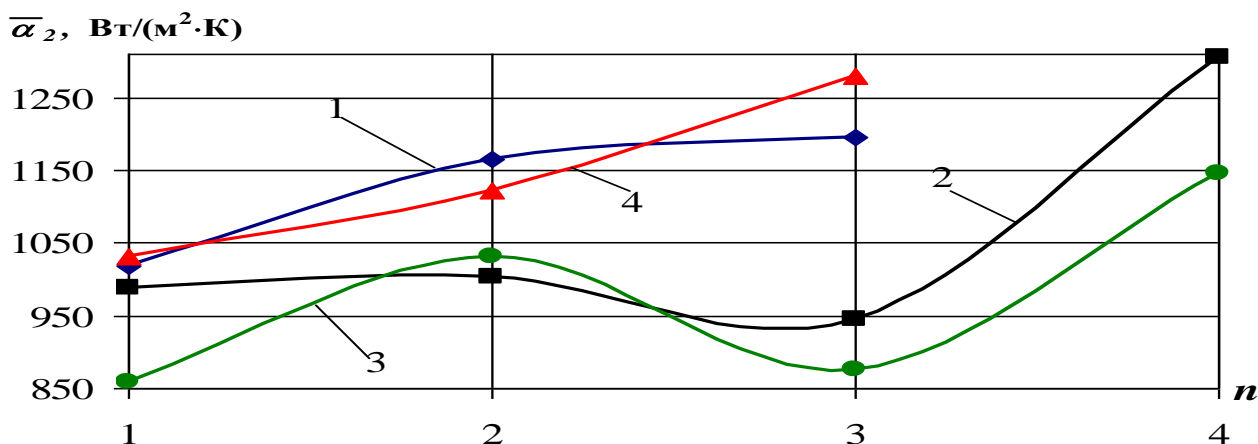


Рис. 10. Значения коэффициента теплоотдачи  $\bar{\alpha}_2$  по проходам экстрактов через РРИ:

- 1 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 16,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 43\%$  об.;
- 2 – экстракт боярышника  $C_{CB} = 9,6\%$  масс.,  $C_{СП} = 8,69\%$  об.;
- 3 – экстракт калины  $C_{CB} = 16,2\%$  масс.,  $C_{СП} = 34,21\%$  об.;
- 4 – экстракт калины  $C_{CB} = 9,7\%$  масс.,  $C_{СП} = 14,14\%$  об.

Исходя из проведенного анализа, наиболее рациональными режимами переработки экстрактов являются:

- для экстрактов с высокими концентрациями спирта и сухих веществ, при деалкоголизации – температура теплоносителя на входе  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ , подача

исходного продукта  $V_H = (13,8...16,6) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ , при концентрировании – температура теплоносителя на входе  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$ , подача исходного продукта  $V_H = (8,33...11,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ ;

- для экстрактов с низкими концентрациями спирта и сухих веществ, при деалкоголизации – температура теплоносителя на входе  $t_{B,H} = 84^\circ\text{C}$ , подача исходного продукта  $V_H = (8,33...11,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ , при концентрировании – температура теплоносителя на входе  $t_{B,H} = 100^\circ\text{C}$ , подача исходного продукта  $V_H = (8,33...11,1) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Подачу воздуха в греющий теплоноситель и глубину вакуума в аппарате рекомендуется принимать равными  $p = 96 \text{ кПа}$ ,  $V_{\text{ВОЗД}} = 6,17 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ , подачу греющего теплоносителя –  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ .

Анализируя данные на рис. 8-10, можно отметить, что коэффициент теплопередачи  $\bar{K}$  достигает максимальных значений при режимах деалкоголизации и концентрирования экстрактов представленных на графиках кривыми 1 и 4. Коэффициент теплоотдачи на КЭ –  $\bar{\alpha}_1$  на стадии деалкоголизации возрастает, а затем, с уменьшением  $C_{СП}$  и увеличением  $C_{СВ}$  от прохода к проходу, имеет тенденцию к уменьшению, а  $\bar{\alpha}_2$  – увеличивается.

Проверка результатов проведенных экспериментов по материальному и энергетическому балансам показала, что расхождение расчетных и экспериментальных значений не превышало  $\pm 7\%$  по сухим веществам и  $\pm 4\%$  по спирту, а величина энергетических потерь не превышала  $\pm 7\%$ .

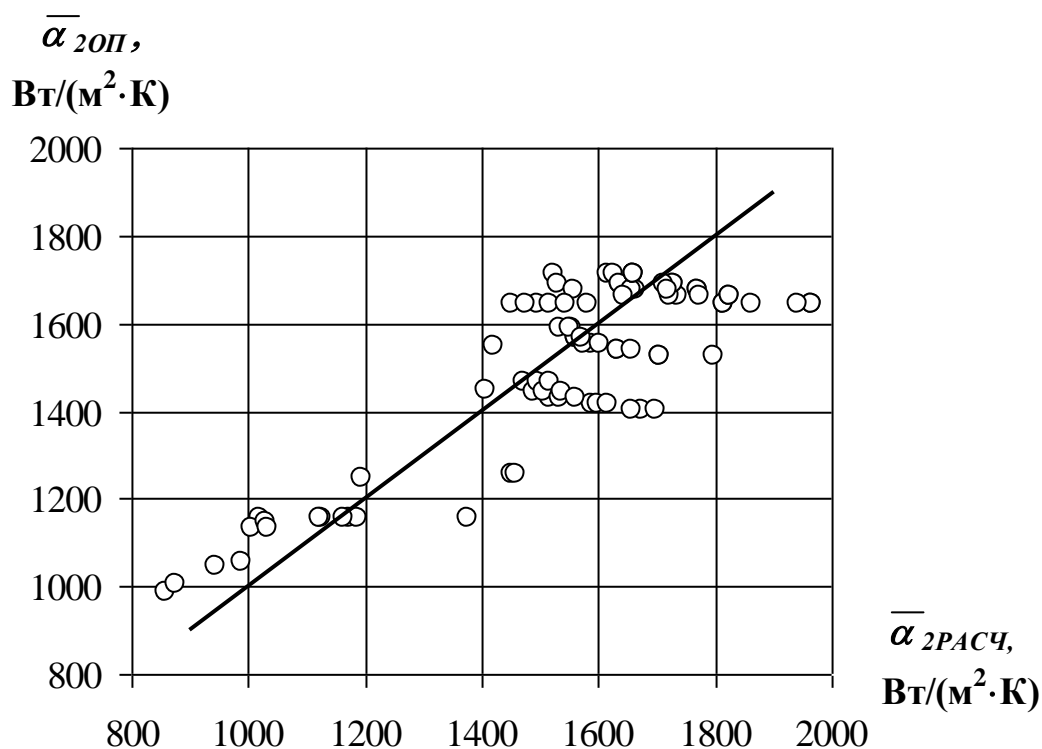


Рис. 11. Сопоставление опытных  $\bar{\alpha}_{2оп}$  и расчетных  $\bar{\alpha}_{2расч}$  значений коэффициента теплоотдачи

По данным, полученным в результате проведения экспериментов, в среде пакета программ «STATISTICA-6,0», с применением методов статистического анализа построена экспериментально – статистическая модель, описывающая зависимость коэффициента теплоотдачи  $\bar{\alpha}_2$  в греющей рубашке РРИ от входных параметров:

$$\bar{\alpha}_2 = -1296,69 - 16,33 \cdot V_{\text{ВОЗД}} + 30,18 \cdot t_{\text{ВН}}, \quad (1)$$

при  $R=95,98\%$ ,

где  $R$  – коэффициент множественной корреляции, который показывает, что модель приспособленно объясняет 95,98% изменчивости коэффициента теплоотдачи.

Отклонение значений коэффициента теплоотдачи, рассчитанных по уравнению (1) и полученных экспериментально, не превышает 19,47%. Корреляционный график опытных и расчетных данных представлен на рис. 11.

Уравнение (1) справедливо для использованных в экспериментах модельных жидкостей при  $V_B = 8,33 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$  в следующих диапазонах входных параметров:  $C_{CB} = 0 \dots 42\%$  масс.,  $C_{СП} = 0 \dots 43\%$  об.,  $t_{ВН} = 84 \dots 100^\circ\text{С}$ ,  $p = 88 \dots 96 \text{ кПа}$ ,  $V_H = (8,33 \dots 19,4) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $V_{\text{ВОЗД}} = (0 \dots 6,17) \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ .

## **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ФРОНТАЛЬНО НАВЕШЕННОГО КУЛЬТИВАТОРА С ГРУНТОМ ПРИ ПОВОРОТЕ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**

А.С. Зейгерман, П.Ю. Яковлев, М.А. Столяров, С.Г. Песков

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Одними из основных агротехнических требований, предъявляемых к культиваторам при междурядной обработке почвы, являются:

- уничтожение сорняков должно быть не ниже 98%;
- защитные зоны у рядка растений должны быть минимальными;
- при полном уничтожении сорняков культиватор не должен повреждать культурные растения: подрезать или оголять корневую систему, присыпать почвой всходы и повреждать крону развитых культурных растений.

Обеспечение перечисленных агротехнических требований при работе машинно-тракторного агрегата с фронтально навешенным культиватором возможно лишь при высокой устойчивости движения и управляемости агрегата и оптимальной настройке навесного устройства

При фронтальном агрегатировании рабочие органы находятся на значительном расстоянии от мгновенного центра поворота машинно-тракторного агрегата, в отличие от заднего агрегатирования, в результате чего при повороте МТА действительное направление движения рабочих органов значительно не совпадает с плоскостью симметрии рабочего органа (рис. 1).

Это явление в большей степени проявляется при агрегатировании широкозахватных машин.

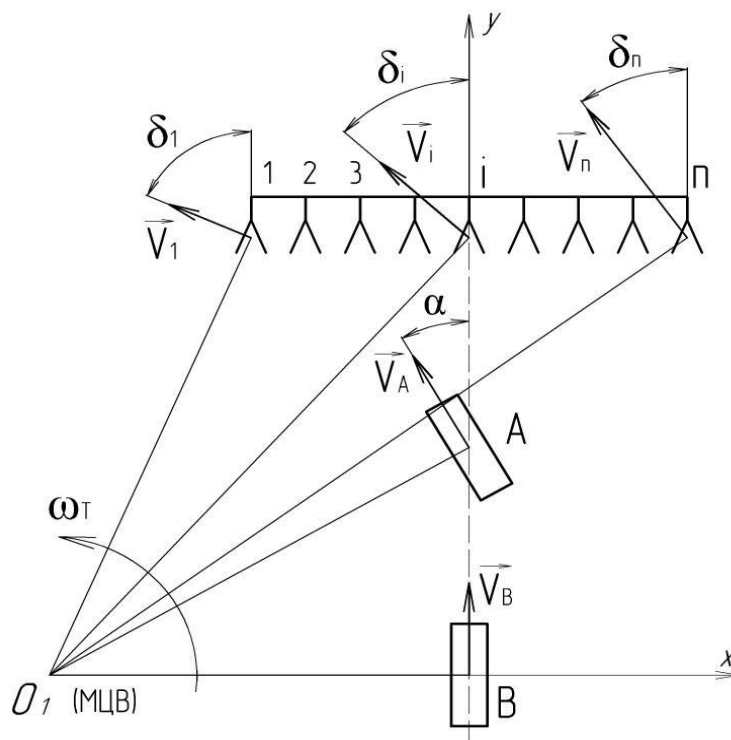


Рисунок 1 – Поворот машинно-тракторного агрегата с жестко навешенным фронтально почвообрабатывающим орудием (культиватором)

Характер действия сил на эквивалентный рабочий орган почвообрабатывающей машины при отклонениях вектора скорости центра эквивалентного рабочего органа от плоскости симметрии представлен на рисунке 2,а. Величины  $R$ ,  $\chi$  и  $M_0$  являются функциями малого параметра  $\delta$  [1]. При движении сельскохозяйственной машины вектор скорости центра приведения сил отклоняется на некоторый угол  $\delta$  от плоскости симметрии рабочего органа, при этом лезвия подрезают сорняки с разной эффективностью. К тому же при больших  $\delta$  одно лезвие может вообще не работать. Также при увеличении угла  $\delta$  повышается сила сопротивления движению орудия  $R$  и главный момент  $M_0$  сил сопротивления. Угол  $\delta$  зависит от угла поворота сельскохозяйственного орудия. Высокое качество обработки почвы и минимальное сопротивление движению эквивалентного рабочего органа в почве будут при  $\delta=0$  – соответственно  $\chi=0$  и  $M_0=0$  (рисунок 2.2,б).

Основным попольным рабочим органом полевых культиваторов и культиваторов-рыхлителей является стрельчатая лапа. Размеры и форма попольной лапы характеризуются углами раствора  $2\gamma$  и крошения  $\beta$ ; шириной захвата  $b$ , а также шириной в начале  $b_1$  и в конце  $b_2$  крыла лапы и очертанием груди лапы (рис. 3).

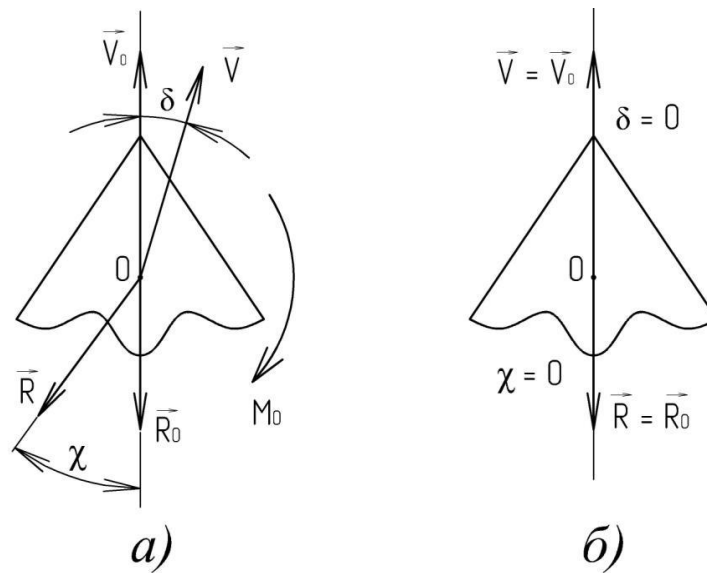


Рисунок 2 – Характер действия сил на эквивалентный рабочий орган почвообрабатывающей машины при отклонениях вектора скорости центра эквивалентного рабочего органа от плоскости симметрии:  $\vec{V}_0$  – поступательная скорость эквивалентного рабочего органа;  $\vec{V}$  – главный вектор скорости;  $\vec{R}_0$  – равнодействующая сила;  $\vec{R}$  – главный вектор силы;  $M_0$  – главный момент;  $\chi$  – угол отклонения главного вектора от плоскости симметрии эквивалентного рабочего органа;  $\delta$  – угол отклонения главного вектора скорости от плоскости симметрии эквивалентного рабочего органа

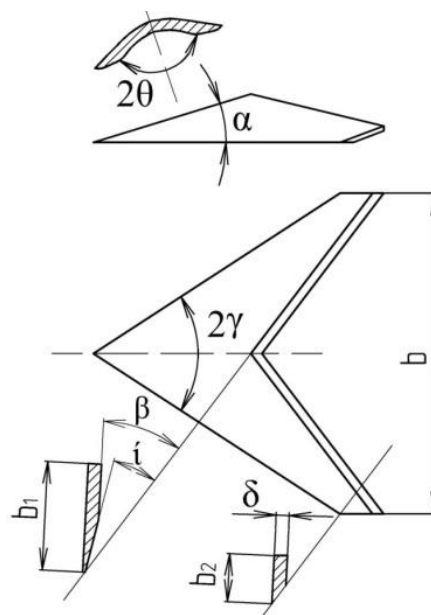


Рисунок 3 – Основные геометрические характеристики стрелчатой лапы



Угол раствора или скоса лезвия  $\gamma$  имеет большое значение для качества выполняемой лапой работы. Угол  $\gamma$  выбирается таким, чтобы подрезание сорняков производилось скользящим резанием, а корни вырванных сорняков безостановочно скользили вдоль лезвия. На рыхлых клейких почвах часто наблюдается обволакивание лезвия лапы сорняками, ведущее к залипанию лапы землей и потере устойчивости хода культиватора. Обволакивание имеет место при больших значениях угла  $\gamma$ . При этом вырванные из почвы стебель и корни растений, перегнувшись на лезвии, начинают двигаться вместе с лапой. При движении лапы обволакивание все увеличивается и наконец, лезвие бывает целиком окутано растительными остатками и теряет способность перерезать сорняки, поэтому угол  $\gamma$  надо выбирать таким, чтобы сорняки в процессе подрезания скользили вдоль лезвия.

Анализируя различные методики выбора угла раствора лап культиватора, можно сделать вывод о том, что все они не учитывают действительного направления движения рабочего органа, т.е. принимается, что движение осуществляется по линии симметрии рабочего органа. Для задненавесных и прицепных сельскохозяйственных орудий такое допущение вполне применимо, так как направление движения орудия лишь на небольшие углы отклоняется от плоскости симметрии рабочего органа.

В работах [2, 3] приводятся значения углов:  $2\gamma=55\dots80^\circ$ ,  $2\gamma\leq60^\circ$ . Однако при движении машинно-тракторного агрегата с жестко навешенным почвообрабатывающим орудием фронтально, действительный угол раствора лезвия лапы изменяется на угол  $\delta$  и принимает значения:

- для внутреннего по отношению к повороту крыла лапы:

$$\gamma' = \gamma + \delta; \quad (1)$$

- для внешнего по отношению к повороту крыла лапы:

$$\gamma'' = \gamma - \delta. \quad (2)$$

Таким образом, рабочий орган уже нельзя охарактеризовать значением  $2\gamma$ , а необходимо рассматривать каждое крыло лапы как отдельные элементы. Кроме того, при отклонениях вектора скорости центра рабочего органа от его плоскости симметрии каждое из крыльев лапы работает по-разному – на одном крыле может выполняться условие скользящего резания, на другом нет (будет наблюдаться обволакивание крыла лапы). К тому же немаловажное значение имеет величина перекрытия смежных лап культиватора, и при отклонении вектора скорости даже то крыло лапы, на котором выполняется условие скользящего резания, не будет перекрываться с крылом смежного рабочего органа, в результате чего останутся неподрезанные сорняки в междурядье.

Для обеспечения резания со скольжением необходимо соблюдать следующее условие [3]:

$$\gamma \leq 90^\circ - (\varphi + \beta) \text{ или } \gamma \leq 90^\circ - (2\varphi - \varphi_1), \quad (3)$$

где  $\varphi_1$  – угол внутреннего трения почвы о почву;

$\varphi$  – угол трения сорняка на лезвии;

$\beta$  – угол между равнодействующей силой и направлением движения лапы.

На основании вышеизложенного можно представить условие скользящего резания с учетом направления движения рабочего органа, подставив значения (1) и (2) в неравенство (3):

- для внутреннего по отношению к повороту крыла лапы:

$$\gamma' \leq 90^\circ - (\varphi + \beta) + \delta \text{ или } \gamma' \leq 90^\circ - (2\varphi - \varphi_1) + \delta; \quad (4)$$

- для внешнего по отношению к повороту крыла лапы:

$$\gamma'' \leq 90^\circ - (\varphi + \beta) - \delta \text{ или } \gamma'' \leq 90^\circ - (2\varphi - \varphi_1) - \delta. \quad (5)$$

Рассматривая кинематику поворота, без учета увода упругих шин трактора, получили некоторые результаты. За основу был взят машинно-тракторный агрегат, составленный по схеме «трактор+НП-5,4+культиватор КРШ-8,1». База трактора 2 м; расстояние от оси управляемых колес трактора до линии действия сил сопротивления рабочих органов орудия 2 м; ширина орудия 8,1 м; предельный угол поворота управляемых колес трактора 5°; скорость движения трактора 2 м/с. Так, скорость центра внутреннего по отношению к повороту рабочего органа составила 1,753 м/с, внешнего 2,284 м/с – разница в скоростях 23,2%; отклонение вектора скорости центра рабочего органа от плоскости симметрии внутреннего по отношению к повороту рабочего органа 8,78°, внешнего 6,73° – разница углов 23,3%; величина равнодействующей силы сопротивления внутреннего по отношению к повороту рабочего органа 1,086 кН, внешнего 0,996кН – разница сил 8,3%.

На основании проведенных предварительных расчетов можно сделать вывод о том, что при применении машинно-тракторных агрегатов с жестко навешенным фронтально широкозахватным почвообрабатывающим орудием органы этого орудия работают в неоптимальных условиях, что безусловно повлечет за собой нарушение качества обработки почвы, снижение управляемости и устойчивости движения агрегата.

Повысить качество обработки почвы, управляемость и устойчивость машинно-тракторного агрегата с широкозахватным орудием можно путем обеспечения возможности поворота фронтального почвообрабатывающего орудия. Поворот орудия должен осуществляться таким образом, чтобы отклонение вектора скорости центра каждого рабочего органа этого орудия был равен или близок к нулю (рис. 4).

В результате при  $\delta=0$  результирующая сила сопротивления движению  $R$  будет направлена вдоль плоскости симметрии рабочего органа и будет отсутствовать главный момент  $M_0$  [1], который и является основным фактором, препятствующим осуществлению поворота всего машинно-тракторного агрегата.

Предложенные в Рубцовском индустриальном институте схемы агрегатирования машинно-тракторного агрегата с фронтально навешенным культиватором [4, 5] позволяют повысить управляемость и устойчивость движения агрегата и качество обработки почвы за счет уменьшения угла отклонения вектора скорости движения рабочего органа орудия от плоскости симметрии благодаря возможности поворота фронтального орудия.

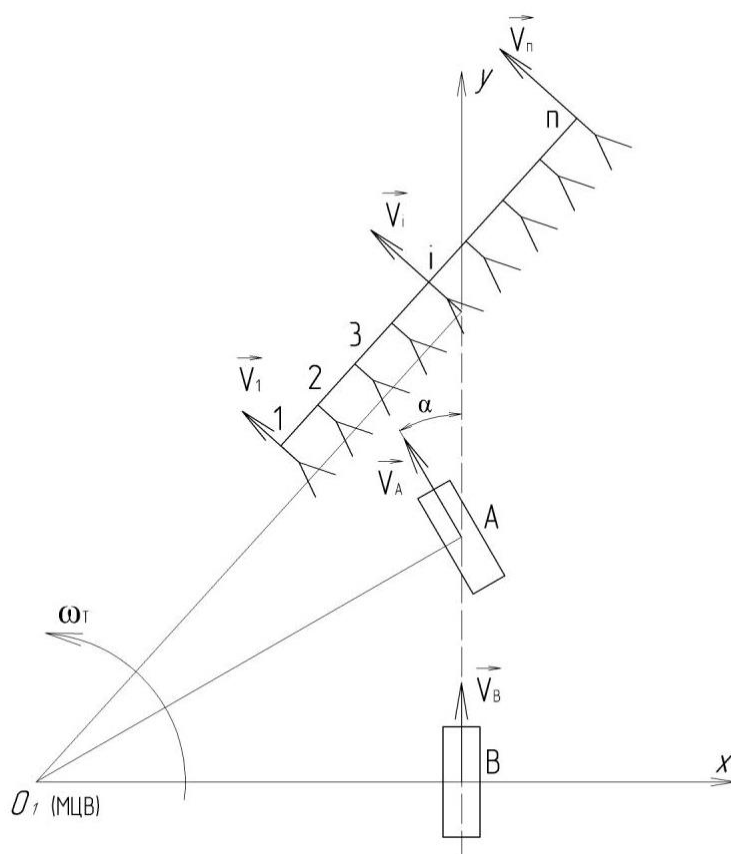


Рисунок 4 – Поворот машинно-тракторного агрегата с управляемым почвообрабатывающим орудием, навешенным фронтально

#### Список литературы

1. Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
3. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах; Под ред. Е.С. Босого – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.
4. Пат. №2296447 RU A01B 59/041, 59/048 Сельскохозяйственный агрегат. Площаднов А.Н., Курсов И.В., Маршалов Э.С., Яковлев П.Ю., Зейгерман А.С. – Заяв. 19.07.2005; Опубл. 10.04.2007. Бюл. №10 – 4с.: ил.
5. Пат. № 2427995 RU A01B 59/06 Фронтальная навеска трактора. Площаднов А.Н., Яковлев П.Ю., Зейгерман А.С., Маршалов Э.С., Курсов И.В., Бутаков И.Е., Убогова Т.М. – Заяв. 24.02.2010; Опубл. 10.09.2011. Бюл. №25 – 3 с.: ил.

# К ВОПРОСУ ОБ УНИФИКАТИЗАЦИИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ТРАКТОРОВ ТЯГОВЫХ КЛАССОВ 4-6 ТОНН

И.С. Копылов

*Алтайский государственный технический университет, г. Барнаул*

В статье рассматриваются сравнительные технические характеристики с точки зрения применения узлов и деталей ходовой системы трактора ТТ-4М на тракторах более высоких тяговых классов на примере ТЛ-5.

В ближайшие десятилетия лесопромышленные тракторы (ЛПТ) останутся по-прежнему основой механизации трудоемких работ на лесозаготовках. В связи с этим работы по дальнейшему совершенствованию выпускаемых тракторов и разработке их новых конструкций актуальны.

Созданный в конце 70-х начале 80-х г. трактор ТТ-4М значительно превосходил серийно выпускаемый на тот момент трелевочный трактор ТТ-4. Однако постоянно расширяющееся использование шасси трелевочных тракторов для специализированного, сложного и более тяжелого технологического оборудования лесозаготовительных машин, а также перемещение техники для заготовки леса в труднодоступные по рельефу районы, трудные грунтовые и климатические условия, дефицит рабочей силы и круглогодичность работы определяют рост требований к шасси трелевочного трактора. В первую очередь это касается таких его важнейших параметров, как энергонасыщенность, грузоподъемность, надежность и производительность.

В связи с этим Постановлением Совета Министров СССР от 20.08.84 г. №891 "О дополнительных мерах по повышению эффективности использования древесины и ее отходов в народном хозяйстве" и Приказом Минсельхозмаша от 5.11.84 г. №305 "О дополнительных мерах по разработке и освоению серийного производства новых видов машин для лесной промышленности и лесного хозяйства в 1984-1990 гг." были созданы новая модель гусеничного лесопромышленного трактора повышенного тягового класса ТЛ-5, а также трелевочный трактор ТТ-5 [2].

Лесопромышленный трактор ТЛ-5 предназначен для использования в качестве транспортно-энергетической базы машин и агрегатов для механизации работ в лесной промышленности (см. рис. 1) [2].

Трелевочный трактор ТТ-5 предназначен для трелевки крупномерного и среднего леса в полупогруженном состоянии.

Стабильность показателей качества тракторов в условиях эксплуатации обеспечивается при нагрузках и режимах работы, оговоренных его технической характеристикой.

Некоторые сравнительные данные по техническим характеристикам лесопромышленных тракторов ТТ-4М и ТТ-5 приведены в таблице 1.

Трактор ТЛ-5 имеет полужесткую, балансирную подвеску, конструктивно подобную подвеске тракторов ТТ-4 и ТТ-4М, показавшую удовлетворительную

работоспособность в эксплуатации и наиболее соответствующую технологическому уровню и производственным в то время возможностям завода.

Таблица 1

Технические характеристики тракторов ТТ-4М и ТТ-5

Марка трактора	ТТ-4М (ТТ-4М-01)	ТТ-5
Тип трактора	Гусеничный, тягового класса 4	Гусеничный, тягового класса 5
Мощность дизеля, кВт (л.с.)	95,5 (130)	117,5 (160)
Скорость движения, км/ч	2,28...10,23	2,4...10,8
Количество передач, вперед/назад	8/4	
Габаритные размеры, мм		
- длина	6200	
- ширина	2750	
- высота	3144	
База, мм	2880	
Колея, мм	2050	
Дорожный просвет, мм	537	
Эксплуатационная масса, кг	14400	13700
Максимальная грузоподъемность, кН	68,7 (95,3)	117,3
Среднее давление на грунт, МПа	0,04	0,041

В связи с установкой двигателя мощностью 160 л.с. и ростом грузоподъемности трактора, нагруженность узлов и деталей подвески увеличивается. С целью улучшения проходимости трактора, обеспечения заданного уровня надежности и снижения трудоемкости обслуживания, усилен ряд узлов и деталей подвески и изменена конструкция некоторых узлов:

- реализован малогабаритный опорный узел балансира с осевым расположением стопоров и применением высокопрочных материалов в паре трения;
- оптимизированы конструкции подшипникового узла и опорного катка;
- применено модернизированное уплотнение и жидкая смазка осей подвески;
- применены высокопрочные легированные стали;

Трактор ТТ-5 имеет направляющее колесо и амортизационно-натяжное устройство конструктивно подобное этим узлам тракторов ТТ-4 и ТТ-4М, показавших удовлетворительную работоспособность в эксплуатации и соответствующих технологическому уровню и производственным в то время возможностям завода.

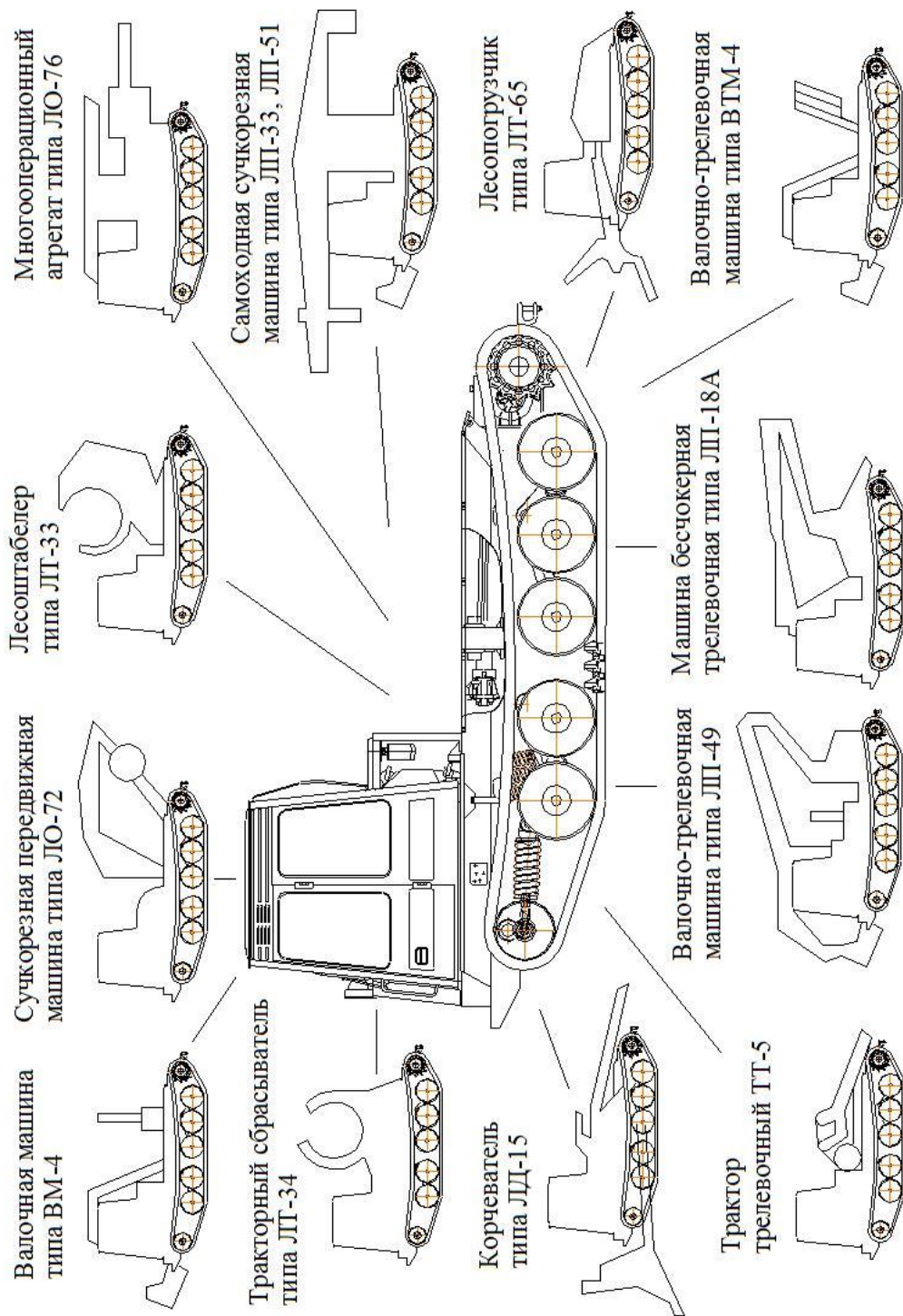


Рисунок 1 – Трактор ТЛ-5 – база основных лесозаготовительных машин

Сравнительные данные по подвескам лесопромышленных тракторов ТТ-4М и ТЛ-5 приведены в таблице 2[2]:

В связи с возросшей мощностью двигателя нагруженность направляющего колеса и амортизационно-натяжного устройства увеличилась. С целью обеспечения заданного уровня надежности и снижения трудоемкости технического обслуживания проведен ряд конструктивных изменений упомянутых узлов:



- усилены болт крепления амортизатора и его стопорение;
- снижена трудоемкость технического обслуживания, за счет увеличения периодичности регулировки подшипников и изменения стопорения их крепления;
- реализован ряд мероприятий, направленных на уменьшение металлоемкости.

Таблица 2

Сравнительные данные по подвескам лесопромышленных тракторов  
ТТ-4М и ТЛ-5

Наименование показателей	Марка трактора	
	ТТ-4М	ТЛ-5
Масса подвески, кг	2186	1948
Удельная материалоемкость, кг/л.с.	16,82	12,18
Индекс материалоемкости	1,00	0,724
Удельная нагруженность, $\frac{\text{масса трактора}}{\text{масса подвески}}$	9,817	10,883
Индекс нагруженности	1,00	1,109
Сопротивление передвижению по снегу, %	100	80...95

С целью повышения тягово-сцепных свойств, предусмотрена чередующаяся установка звеньев гусеницы двух исполнений, отличающихся шириной грунтозацепов. В конструкции звеньев реализован комплекс мероприятий, направленных на уменьшение залипаемости.

Таким образом, повышение тягового класса ЛПТ повлекло за собой существенные изменения в конструкции ходовой системы. В результате проведенных конструкторских работ и научно-исследовательских разработок, в частности балансиров, был создан трактор ТЛ-5 повышенного тягового класса. Снижение металлоемкости ходовой системы соответствует высокому техническому уровню созданной машины.

Список литературы

1. Беспятый, Ф.С., Троицкий, И.Ф. Конструкция, основы теории и расчета трактора. М.: Машиностроение, 1972, 502 с.
2. Отчет 5  $\frac{\text{ОТТ}-5}{5}$ . Технический проект "Лесопромышленные тракторы ТЛ-5 и ТТ-5" [Текст]. Пояснительная записка, Кн.1. Рубцовск, Производственное объединение "Алтайский тракторный завод им. М.И. Калинина", 1986, 117 с.

# РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10-0,38 кВ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ

О.К. Никольский, Н.И. Черкасова

*Алтайский государственный технический университет, г. Рубцовск*

Разработана методика оптимизации технических потерь при реконструкции сельских распределительных сетей 10-0,38 кВ.

The procedure of the optimization of technical losses at the reconstruction of rural electric power distribution systems 10-0.38 kV is developed.

Повышение экономичности электроснабжения сельского хозяйства – большая комплексная задача. С ней тесно связаны задачи снижения потерь на транспорт электроэнергии в сельских распределительных сетях 10-0,38 кВ. Оптимизация потерь в сельских сетях является одним из факторов их эффективности.

Последнее десятилетие эксплуатация сельских распределительных сетей ведется в состоянии значительной изношенности оборудования при недостаточности процессов реновации и реконструкции. Основными способами повышения экономичности работы сети является снижение технических потерь электроэнергии до экономически обоснованных пределов, соответствующих экономической плотности тока, а также снижение коммерческих потерь в распределительных сельских сетях 10-0,38 кВ.

В настоящее время развитие сетей происходит за счет их реконструкции в процессе эксплуатации. Основной задачей реконструкции является приведение распределительной электрической сети в соответствие с пропуском по ней электроэнергии.

За счет отсутствия стабильности экономического развития потребителей произошло перераспределение нагрузки в сетях, выбор проводов в которых традиционно осуществлялся на основе экономической плотности тока. Часть хозяйств, получающих электроснабжение по линиям 10 кВ, пришли в упадок и снизили потребление электроэнергии, другие – наоборот.

Авторами был проведен статистический анализ плотностей тока 135 сельских воздушных линий электропередачи напряжением 10 кВ, принадлежащих распределительной компании Сибири. По результатам проведенного исследования на рис. 1 представлена упорядоченная диаграмма плотностей тока всех исследованных линий, для наглядности расположенных в порядке возрастания плотности тока.

Плотность тока определялась по известной формуле  $j = \frac{I_{нб}}{F}$ , А/мм<sup>2</sup>.

Анализ представленной диаграммы показывает большой разброс плотностей тока, различающийся в десятки раз, что дает фактическую картину неоптимального состояния сетей энергосистемы. Три четверти линий имеют недогрузку по току, в ряде случаев сечения вынужденно завышены по условию падения напряжения или техническим условиям, например, по условиям



механической прочности. Но чаще отклонения от оптимальных условий носят случайный характер.

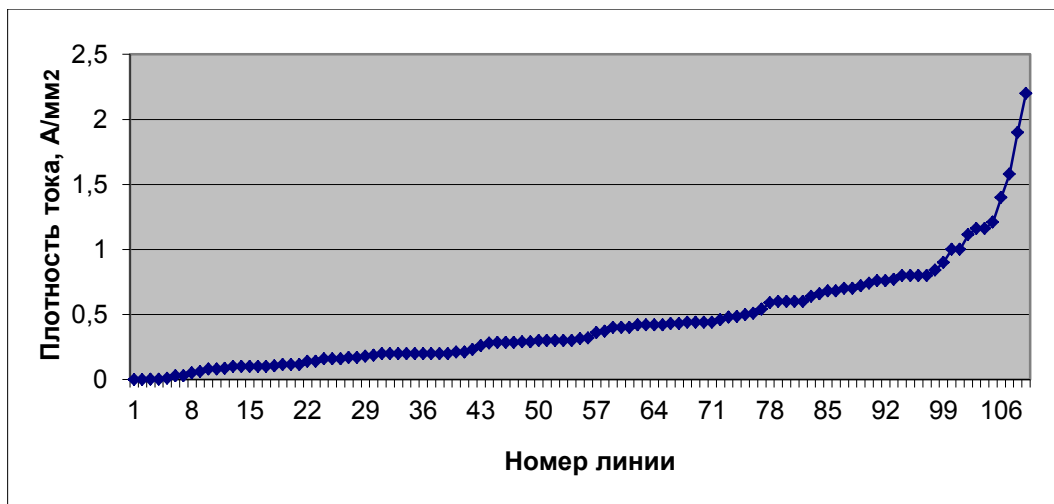


Рис. 1. Распределение плотностей тока по ВЛ-10 кВ

Таким образом, из 135 исследуемых линий лишь 14 процентов имеют плотность тока, соответствующую экономической плотности тока, и экономическое сечение, что обеспечивает им, следовательно, наличие оптимальных потерь на транспорт электроэнергии.

8% линий имеют плотность тока, больше экономической плотности тока, и, следовательно, потери на транспорт электроэнергии в них неоправданно завышены.

78% линий имеют плотность тока, меньше экономической плотности тока и, следовательно, имеют завышенное сечение провода, что свидетельствует о перерасходе цветного металла и низкой эффективности использования капитала (основных фондов).

Для повышения эффективности использования оборудования и снижения технических потерь до оптимального уровня следует проводить реконструкцию распределительных электрических сетей 10-0,38 кВ на основе экономической плотности тока, адаптированной к новым экономическим условиям, которая для сетей ОАО «Алтайэнерго» МРСК Сибири составляет 0,75-0,8 А/мм<sup>2</sup> [1].

Вначале следует провести анализ загрузки линий, определяя максимальный ток нагрузки по данным ведомостей контрольных замеров или по счетчикам, установленным в начале линии 10 кВ, где они имеются. Затем определить плотность тока в каждой линии и сравнить ее с экономической плотностью тока.

Далее следует все линии по загрузке распределить на три группы; в первую группу войдут линии с плотностью тока  $j < 0,60$  А/мм<sup>2</sup>; во вторую группу войдут линии с плотностью тока  $0,60$  А/мм<sup>2</sup>  $< j < 0,8$  А/мм<sup>2</sup>; и в третью группу войдут линии с плотностью тока  $j > 0,8$  А/мм<sup>2</sup>.

Нагрузка линии в процессе эксплуатации значительно изменяется и бывает далека от проектной.

Для сечения 35 мм<sup>2</sup> рекомендуется интервал плотности тока от 0,63 до 0,83 А/мм<sup>2</sup>, а наибольший ток нагрузки проводника при этом должен находиться в интервале от 22 до 29 ампер. Для сечения 50 мм<sup>2</sup> рекомендуется интервал плотности тока от 0,6 до 0,82 А/мм<sup>2</sup>, а наибольший ток нагрузки должен находиться в интервале от 30 до 41 А, далее интервалы токов и плотностей токов сведены в таблицу 1.

Группа линий с плотностью тока в интервалах, соответствующих таблице 1, может работать без реконструкции, имея оптимальные или близкие к оптимальным значения технических потерь. В первой группе часть линий с малой загрузкой ( $j_b < 0,6$  А/мм<sup>2</sup>) в резервируемых сетях должна быть выведена из эксплуатации. Электроснабжение потребителей этой группы может быть обеспечено схемными решениями в процессе реконструкции перегруженных линий. В третьей группе наиболее загруженных линий часть линий подлежит реконструкции с заменой сечения на большее, согласно таблице 1. В другой части следует произвести перераспределение загрузки линий на основании адаптированной к новым условиям экономической плотности тока.

Таблица 1

Интервалы плотности тока

	Сечение, мм					
	35	50	70	95	120	150
Плотность тока, $j_{эк}$ А/мм <sup>2</sup>	0,63-0,83	0,6-0,82	0,6-0,8	0,6-0,8	0,64-0,81	0,64-0,79
Наибольший ток в линии, $I_{нб}$ , А	22-29	30-41	42-56	57-76	77-96	Свыше 96

Следует производить реконструкцию наиболее загруженных линий на основании коэффициента использования оборудования и адаптированной к сегодняшнему дню экономической плотности тока  $j_{эк}$

$$k_{исп} = \frac{F_{эк}}{F}, \quad \text{где } F_{эк} = \frac{I_{нб}}{j_{эк}}; \quad j = \frac{I_{нб}}{F}.$$

При оптимизационной постановке задачи следует ввести целевую функцию в виде суммы квадратов разности сечений проводов ЛЭП и значений, определяемых экономической плотностью тока

$$L = \sum (F - F_{эк})^2 \rightarrow \min.$$

Экономический эффект от снижения потерь электроэнергии в результате реорганизации составит 2516 тыс. рублей в год.

## Литература

1. Черкасова Н.И. Экономическая плотность тока в современных условиях // Избранные труды НГТУ – 2004: Сб. науч. трудов / Под ред. д-ра техн. наук, проф. А.И. Шалина. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. С. 34-45.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ СКОРОСТИ НЕЛИНЕЙНОЙ ВЯЗКОУПРУГОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ С КВАДРАТНЫМ СЕЧЕНИЕМ**

В.С. Самойлов, Е.А. Назаров

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье описываются результаты моделирования динамики полимерной среды находящейся в вязкотекучем состоянии. Динамика полимерной среды, находящейся в вязкотекучем состоянии, описана в рамках реологической модели нелинейной вязкоупругой жидкости с одним тензорным внутренним термодинамическим параметром.

Полимерные материалы и изделия на их основе находят все большее применение на практике. Это связано не только с тем, что они используются в качестве заменителей дерева, металлов, растительных волокон и пр., но и с тем, что полимеры демонстрируют ряд уникальных свойств, позволяющих использовать их в качестве матрицы при производстве наноматериалов и нанокompозитов. Что приводит к увеличению мирового производства полимеров и к необходимости разработки новых технологий их переработки. Одним из преимуществ использования полимеров является то, что они легко переходят в вязкотекучее состояние, что существенно упрощает их переработку. Это повышает актуальность задачи о математическом моделировании динамики полимерных сред, находящихся в вязкотекучем состоянии.

При описании течений растворов и расплавов линейных полимеров в различных узлах технологического оборудования важную роль играет формулировка реологического определяющего соотношения, которое устанавливает связь между кинематическими характеристиками потока и внутренними термодинамическими параметрами.

В настоящее время можно отметить наличие устойчивого развития математических методов в области моделирования полимерных жидкостей. Это связано с применением микроструктурного подхода к получению реологических определяющих соотношений и выражается в том, что удалось сформулировать замкнутую систему уравнений динамики и выполнить ряд нетривиальных расчетов на базе этой системы. Достоинствами микроструктурного подхода является возможность проследить связь между макро- и микрохарактеристиками полимерной системы, а его основу составляют уравнения динамики макромолекулы.

Для математического моделирования в качестве реологической модели выбрана модифицированная модель Виноградова-Покровского, как хорошо зарекомендовавшую себя при описании стационарных и нестационарных

вискозиметрических функций. Рассматривалась система уравнений в частных производных первого порядка, для решения которой был использован метод конечных элементов.

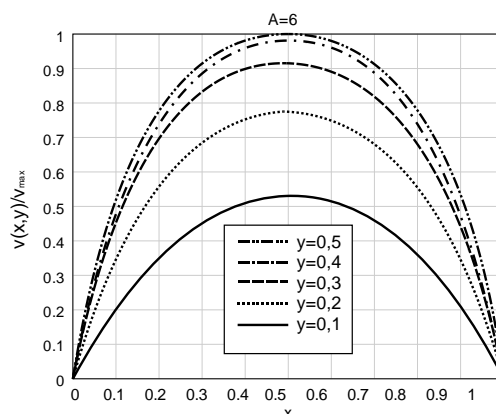


Рис. 1. Влияние градиента давления на вид профиля скорости при различных расстояниях до оси канала

Параметр  $A$  – градиент давления характеризует гидродинамические свойства потока и достаточно просто может изменять свои значения в опытах. Поэтому рассматривалось влияние этого параметра на вид профиля скорости. Рассчитанная численно зависимость  $w = w(x, y)$  представляет собой гладкую поверхность с одним максимумом, достигаемым в точке  $(0,5;0,5)$ . Максимальное значение скорости растет с ростом перепада давления  $A$ . Профиль скорости  $w = w(x, y)$  симметричен относительно плоскостей  $x = 0,5$  и  $y = 0,5$ . На рисунке 2 представлены сечения профиля скорости  $w = w(x, y)$  плоскостью  $y = 0,5$  для различных значений перепада давления  $A$ .

Также можно отметить, что при малых значениях параметра  $A$  сечения профиля скорости мало отличаются от параболического, а с ростом  $A$  отклонение от параболического профиля увеличивается, как это видно из рисунка 2.

Отмеченное здесь отклонение сечений профиля скорости от параболического наблюдается и в экспериментальных данных [4,5].

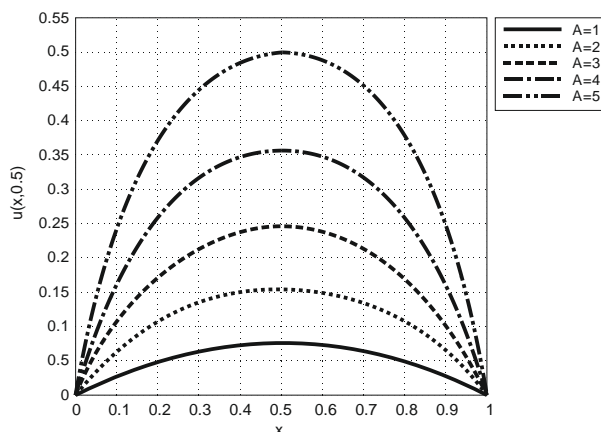


Рис. 2. Профиль скорости

### Список литературы

1. Пышнограй Г.В., Покровский В.Н., Яновский Ю.Г., Карнет Ю.Н., Образцов И.Ф. Определяющее уравнение нелинейных вязкоупругих (полимерных) сред в нулевом приближении по параметрам молекулярной теории и следствия для сдвига и растяжения // Докл. АН, 1994, Т. 335, №9, С. 612-615.
2. Кузнецова Ю.Л., Скульский О.И., Пышнограй Г.В. Течение нелинейной упруговязкой жидкости в плоском канале под действием заданного градиента давления// Вычислительная механика сплошных сред, 2010, Т.3, №2, С. 55-69.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учебное пособие. В 10 томах Т. 6. Гидродинамика. М.: Наука, 1988, 736 с.
4. Schmidt M., Wassner E., Munshtedt H. Setup and Test of a Laser Doppler Velocimeter for Investigations of Flow Behaviour of Polymer Melts// Mechanics of Time-Dependent Materials, 1999, v. 3, h. 371-393.
5. Wassner E., Schmidt M., Munstedt H. Entry flow of a low-density-polyethylene melt into a slit die: An experimental study by laser-Doppler velocimetry // J. Rheol., 1999, 43(6), P. 1339-1353.

УДК 621.316.13

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ 10-0,4 кВ**

Н.И. Черкасова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Системы электроснабжения сельских районов (СЭСР) являются подсистемой единой энергетической системы страны и представляют собой большие сложные системы с характерными для таких систем свойствами. Однако СЭСР находятся на более низком иерархическом уровне управления, располагаются ближе к потребителям и имеют отличительные свойства по сравнению с системообразующими сетями напряжением 220-1150 кВ. СЭСР характеризуются большой протяженностью линий, значительной их разветвленностью, недостатком информации о режимах электрических нагрузок, большим объемом электрических сетей на одно предприятие электрических сетей, малыми типоразмерами электрооборудования, малой плотностью электрических нагрузок [1]. Кроме того, распределительные сети 10-0,4 кВ в основном радиальные, что требует применения специальных средств обеспечения надежности электроснабжения.

В России насчитывается около двух миллионов км. электрических сетей напряжением 10-0,4 кВ, это приводит к тому, что даже небольшой выигрыш для сети одной районной подстанции в масштабах страны даст значительный экономический эффект.

Для повышения экономического эффекта от оптимизации параметров СЭСР необходимо совершенствовать методы выбора лучшего варианта параметров, в том числе за счет перехода к многокритериальному выбору.

В качестве частных критериев оценки и выбора оптимальных решений, как в процессе конструирования, так и в процессе эксплуатации, при выборе параметров и режимов работы сети, в общем случае целесообразно применять главные показатели функционирования СЭСР, такие как надежность электроснабжения, качество электроэнергии и удельные затраты на передачу электроэнергии.

При решении задач, связанных с эффективностью функционирования СЭСР, необходимо учитывать специфику электрической энергии, рассматриваемой как товар, поставляемый энергоснабжающими компаниями, но имеющий значительные отличия от других видов промышленных товаров. Электроэнергия является единственным видом продукции, для перемещения которого расходуется часть самой передаваемой энергии, определяемой уровнем потерь электроэнергии.

Введем интегральный показатель эффективности функционирования сетей 10-0,4 кВ, под которым условимся понимать показатель, отражающий технические и экономические факторы работы сети во времени. В свою очередь интегральный показатель должен учитывать надежность электроснабжения, качество электроэнергии и экономичность работы сетей.

#### *Экономичность*

Потери электроэнергии являются одним из важных технико-экономических показателей электрических сетей. Как было указано выше, для передачи электроэнергии от мест производства до мест потребления не требуется других ресурсов. Для этого расходуется часть самой передаваемой электроэнергии, поэтому её потери неизбежны; задача состоит в определении их экономически обоснованного уровня [2].

Установка средств компенсации реактивной мощности во многом производится с целью снижения потерь. Практически все технические средства повышения качества электроэнергии содержат реактивные элементы индуктивного или емкостного характера и влияют на баланс реактивной мощности в сети. Значения показателей качества электроэнергии зависят от наличия или отсутствия в сети компенсирующих устройств [3].

Качество электроэнергии в сетях энергоснабжающих компаний обуславливается техническими характеристиками и режимами работы сети и электроустановок потребителей. В данной работе будем рассматривать наиболее важные для сельских потребителей показатели качества электроэнергии, характеризующие отклонение напряжения, искажения синусоидальности кривой напряжения, и несимметрию напряжения.

Следовательно, экономичность можно выразить через показатели уровня потерь электроэнергии, компенсацию реактивной мощности и качество электроэнергии. Эти три составляющие взаимосвязаны между собой и играют основополагающую роль в функционировании сельских сетей.

Перечисленные проблемы экономичности являются общими для энергоснабжающих организаций и сельскохозяйственных потребителей и находят свое отражение в условиях потребления электроэнергии и в ее оплате. Стоимость потерь является одной из составляющих тарифа на передачу электроэнергии по сетям, в том числе и в составе конечного тарифа на электроэнергию. Условия потребления реактивной мощности устанавливаются в договорах на поставку электроэнергии. Показатели качества электроэнергии нормируются государственным стандартом (ГОСТ 131 09-97). Соблюдение норм проверяется при сертификации электроэнергии. Стоимость работ по проведению сертификации также включается в состав затрат, определяющих тариф на электроэнергию.

#### *Надежность*

Проблема надежности сельских электрических сетей является актуальной на этапах проектирования и эксплуатации последних. Надежное и бесперебойное электроснабжение сельских потребителей регламентируется директивными документами (ПУЭ, РД, РУ). Надежность – это свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях эксплуатации [4]. Надежность характеризуется: безотказной работой, отказами, восстанавливаемостью, неповреждаемостью, устойчивоспособностью и долговечностью. Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность в течение заданного времени или заданной наработки до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.

Введенный нами интегральный показатель надежности сельских сетей 10 – 0.4 кВ зададим через остаточный ресурс сельских линий электропередач (ЛЭП), трансформаторных подстанций (ТП) и электропроводок (ЭП) [5].

Электробезопасность выразим через необходимые мероприятия, такие как: устройство защитного заземления, уравнивание потенциалов и устройство защитного отключения.

***Постановка задачи:*** Многокритериальная оптимизация эффективности функционирования сельских сетей в условиях неопределенности.

Для решения большого круга проблем совершенствования технологических процессов широко применяются методы многокритериальной оптимизации в условиях неопределенности. Например, в экономике широко пользуются методами многокритериальной оптимизации при нечеткой информации, для оценки качества подписываемых контрактов [6], которые автор применил для оценки эффективности функционирования распределительных сетей, учитывая особенности и отличия технологических процессов энергетики.

При принятии решения, оценке эффективности работы сетей необходимо делать выбор между несколькими вариантами. Оценка эффективности основных решений проектирования или мероприятий эксплуатации электрических сетей может происходить путем определения значений соответствующих показателей эффективности  $Q_i$  [7]. Эти показатели служат

для количественной характеристики степени выполнения требований, предъявляемых к выделенным факторам, и определяются следующим образом:  $Q_i = 5$ , если требования к  $i$ -му фактору выполнены очень хорошо;  $Q_i = 4$  – требования к  $i$ -му фактору выполнены хорошо;  $Q_i = 3$  – требования к  $i$ -му фактору выполнены удовлетворительно;  $Q_i = 2$  требования к  $i$ -му фактору выполнены недостаточно;  $Q_i = 1$  требования к  $i$ -му фактору выполнены неудовлетворительно. На основе этой шкалы оценок может быть охарактеризована степень выполнения каждого отдельного требования путем назначения соответствующей оценки.

Выбор варианта в качестве наилучшего решения зависит от того, являются ли все факторы системы равноправными или их значимость различна. В первом случае выбор наилучшего решения производится простым суммированием оценок, во втором – берется взвешенная сумма. Весовой коэффициент  $G_i$  в первом приближении может быть определен следующим образом:  $G_i = 5$ , если  $i$ -й фактор системы имеет очень большое значение, ...,  $G_i = 1$ , если  $i$ -й фактор системы имеет несущественное значение.

Обычно на практике пользуются вторым вариантом оценки, поскольку выбранные для анализа факторы оказывают разное влияние на качество контракта.

Исходя из ранее сказанного, попытаемся построить причинно-следственную диаграмму эффективности функционирования электрических распределительных сетей, которая отражает взаимосвязи выделенных факторов, и затем произведем оценку этих факторов.

*Методика многокритериальной и многоуровневой оценки эффективности функционирования сельских сетей.*

Для решения задачи построим причинно-следственную диаграмму, предложенную японским ученым Каору Исикава [8]. На ее основе выявим структуру проблемы и определим базовые взаимосвязи между основными и второстепенными факторами (рис. 1).

Будем считать, что эффективность функционирования сетей характеризуется совокупностью следующих факторов:

- надежность электроснабжения;
- остаточный ресурс воздушных линий трансформаторных подстанций и электропроводок;
- уровень потерь электроэнергии;
- учет электроэнергии;
- режим напряжения;
- экономическое сечение проводов;
- компенсация реактивной мощности;
- качество электроэнергии;
- отклонение напряжения;
- несимметрия напряжения;



- несинусоидальность напряжения;
- электробезопасность;
- выравнивание потенциалов;
- заземление;
- устройство защитного отключения.

Для определения первостепенных и второстепенных факторов в качестве наиболее существенных (первостепенных) факторов вышеприведенного перечня выделим следующие, (будем считать их факторами первого порядка):

- надежность электроснабжения;
- уровень потерь электроэнергии;
- компенсация реактивной мощности;
- качество электроэнергии;
- электробезопасность.

Для каждого первостепенного фактора далее выделим факторы второго порядка, определяющим образом влияющие на факторы первого порядка:

- для надежности: остаточный ресурс;
- для уровня потерь: экономическое сечение, учет электроэнергии и режим напряжения;
- для компенсации реактивной мощности: величина компенсирующего устройства и место его подключения;
- для качества электроэнергии: отклонение напряжения, несимметрия и несинусоидальность напряжения.

В соответствии с обозначенными факторами построена причинно-следственная диаграмма, представленная на рис. 1. Из диаграммы видна структурная взаимосвязь основных и второстепенных факторов, определяющих условия эффективного функционирования сети и их воздействие на конечный результат. Математическую формализацию факторов проведем с использованием функций желательности Харрингтона, широко применяемые в планировании экспериментов при поиске оптимальных условий. Функции желательности изменяются от нуля в областях недопустимых (нежелательных) значений показателя до максимального значения, равного 1, в областях наиболее предпочтительных его значений. Других ограничений, кроме непрерывности и выпуклости, на функции желательности не налагается. Функции желательности для факторов построим с учетом ограничений налагаемых экономическими и техническими требованиями.

Рассмотрим формализованное описание показателя для фактора «Экономическое сечение». Критерием выбора сечений проводников воздушных и кабельных линий являлась величина полных затрат, и выбор сечений проводников производился на основе сопоставительного технико-экономического расчета в каждом конкретном случае. При плановой экономике на протяжении более полувека в практике массового проектирования линий электропередач выбор сечения проводников производился по нормируемым обобщенным показателям, к которым относится экономическая плотность тока ( $j_{эк}$ ).

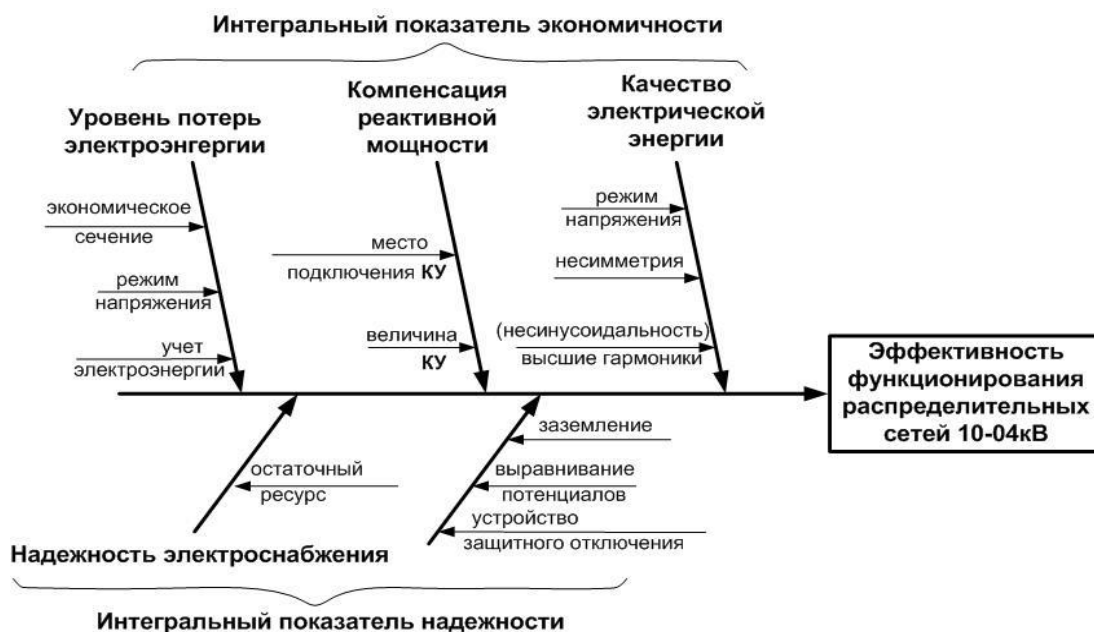


Рис. 1. Причинно-следственная диаграмма

Для воздушных линий (ВЛ) значения экономической плотности тока для сталеалюминиевых проводов принимались в пределах  $1,0 \dots 1,5 \text{ А/мм}^2$  – в зависимости от региона страны и числа часов использования максимальной нагрузки. На сегодняшний день расчетная величина экономической плотности тока для разных ОАО «Энерго» различна и меньше рекомендованной ранее в ПУЭ величины на 20... 35% [2].

С учетом этого функция желательности конструируется в форме, представленной на рис. 2.

Сети 6-35 кВ и большая часть сетей 110 кВ эксплуатируются в разомкнутом режиме. На шинах 10 кВ подстанций 35-110 кВ необходимо поддерживать напряжение, компенсирующее потери напряжения в сети 10 кВ и обеспечивающее необходимые отклонения напряжения на шинах 0,4 кВ распределительных трансформаторов (РТ) 10/0,4 кВ.

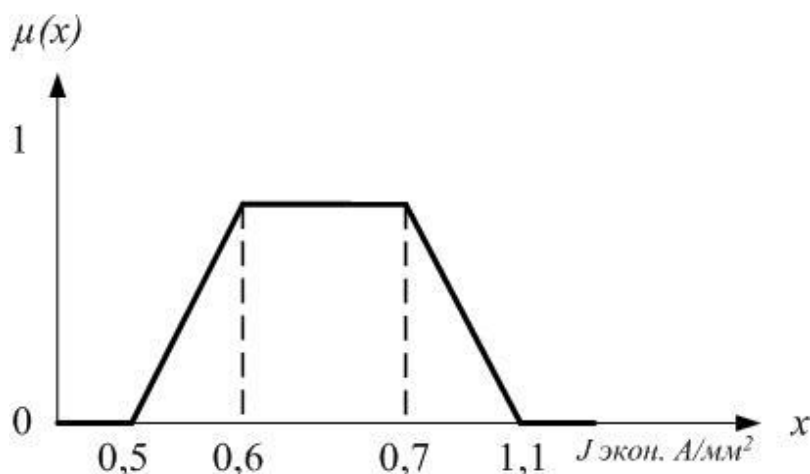


Рис. 2. Функция желательности для фактора «Экономическое сечение»

Для фактора «Режим напряжения» функция желательности построена в следующем виде (рис. 3). Эта форма обусловлена тем, что уровень потерь электроэнергии увеличивается при уменьшении напряжения. Но так как при этом снижается общая нагрузка, то зависимость потерь энергии в энергосистеме от напряжения выражается прямой линией. На 1% уменьшения напряжения потери увеличиваются на 1%.

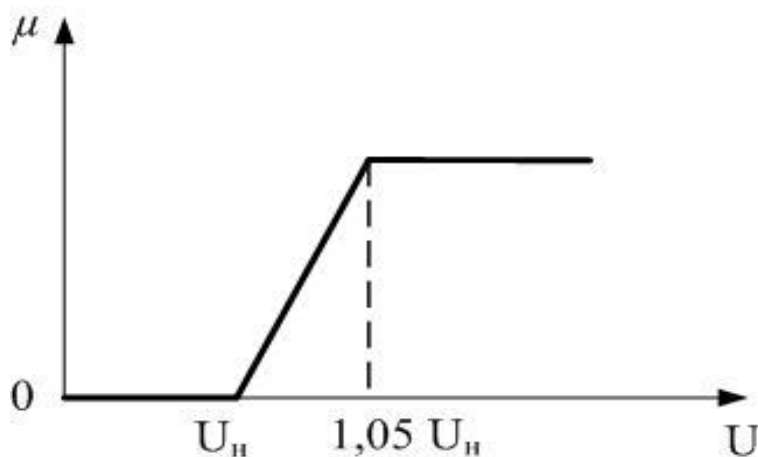


Рис. 3. Функция желательности для фактора «Режим напряжения»

Для фактора «Учет электроэнергии» функция желательности сконструирована на основе четырех опорных точек: (ЗИТ-1, ЗПУ-2, ЗИТиПУ-3, АСКУЭ)

1 – замена измерительных трансформаторов на трансформаторы с повышенными классами точности и номинальными параметрами, соответствующими фактическим нагрузкам;

2 – замена существующих приборов учета на новые приборы с улучшенными характеристиками;

3 – мероприятия 1 и 2 совместно;

4 – установка на подстанциях средств АСКУЭ.

Опорные точки учета электроэнергии перечислены в порядке возрастания финансовых расходов на указанные мероприятия.

Здесь информация носит дискретный характер, поэтому функция представляется в виде таблицы 1, где указаны функции желательности для каждого мероприятия.

Таблица 1

Функция желательности  $\mu$  для «Учета электроэнергии»

Мероприятия по повышению учета электроэнергии	1	2	3	4
Значения $\mu$	0,6	0,7	0,8	1,0

Далее рассмотрим формализованное описание показателя для фактора «Отклонение напряжения». Отклонение напряжения нормируется только на вводах ЭП, фактически только в сетях 0,4 кВ, и в некоторых точках сетей 6-10 кВ. Нормально допустимые отклонения напряжения равны  $\pm 5\%$  номинального напряжения сети. С учетом этого функция желательности представлена в форме на рис. 4.

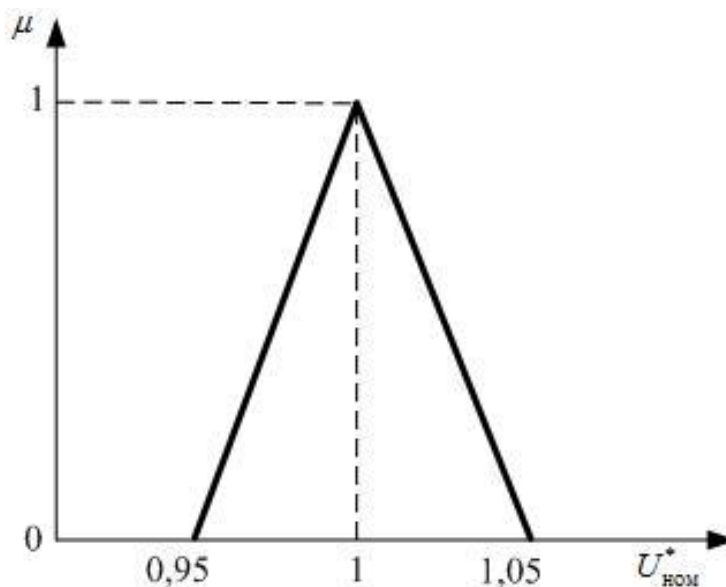


Рис. 4. Функция желательности для фактора «Отклонение напряжения»

Несинусоидальность напряжения характеризуется двумя показателями: коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $k_U$ ; коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения  $k_n$ . Коэффициент искажения синусоидальности определяют по формуле:

$$k_U = \frac{100}{U_1} \sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_n^2},$$

где  $U_1$  – напряжение прямой последовательности. Допустимые значения нормируются ГОСТом и для сетей напряжением 0,4 кВ не должны превышать 8%. Функция желательности для фактора «Несинусоидальность напряжения» представлена на рис. 5.

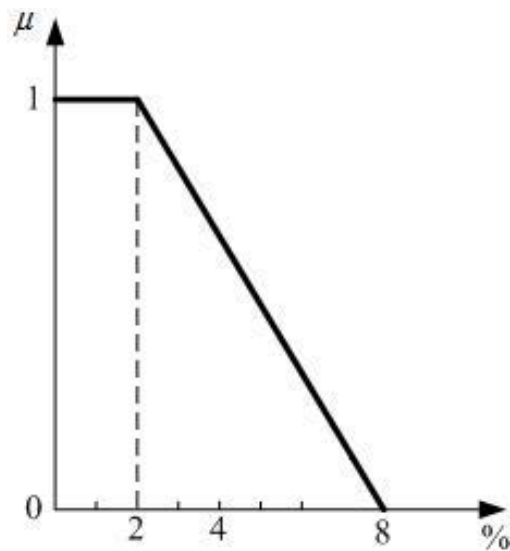


Рис. 5. Функция желательности для фактора «Несинусоидальность напряжения»

Фактор «Несимметрия» напряжения характеризуется двумя показателями: коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности  $k_2$  и коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности  $k_0$ . Нормально допустимые и предельно допустимые значения обоих коэффициентов равны соответственно 2,0 и 4,0%. Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности имеет смысл только для четырехпроводных электрических сетей 0,4 кВ. Функция желательности для фактора «Несимметрия напряжения» представлена на рис. 6.

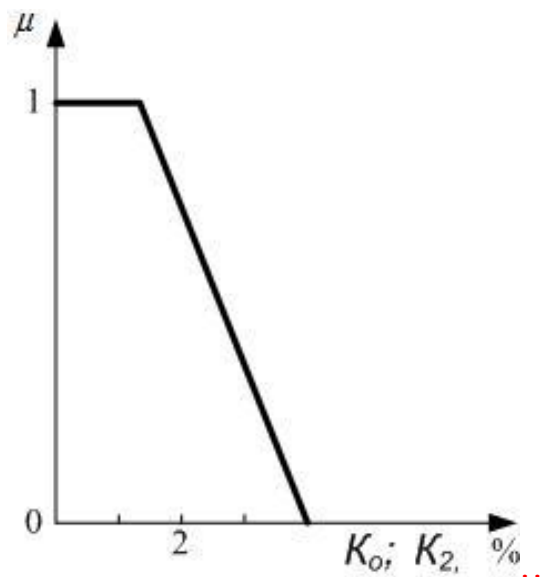


Рис. 6. Функция желательности для фактора «Несимметрия напряжения»

При компенсации реактивной мощности величину компенсирующих устройств определим через  $\operatorname{tg} \varphi$ . При совместном рассмотрении сетей 6-10 и 110 кВ практически всегда КУ целесообразно устанавливать в сети 6-10 кВ. Проведенные расчеты показали, что около 70% всей мощности КУ, которые необходимо установить в электрических сетях России целесообразно устанавливать в сетях 0,4 кВ, 25% – в сетях 6-10 кВ и около 5% – в сетях 110 кВ и выше [2]. Для сетей 6-10 кВ и 0,4 кВ  $\operatorname{tg} \varphi$  задается значениями не более 0,4 и не более 0,35 соответственно. Исходя из этого функция желательности для фактора «Мощность КУ» построена в следующем виде (рис. 7).

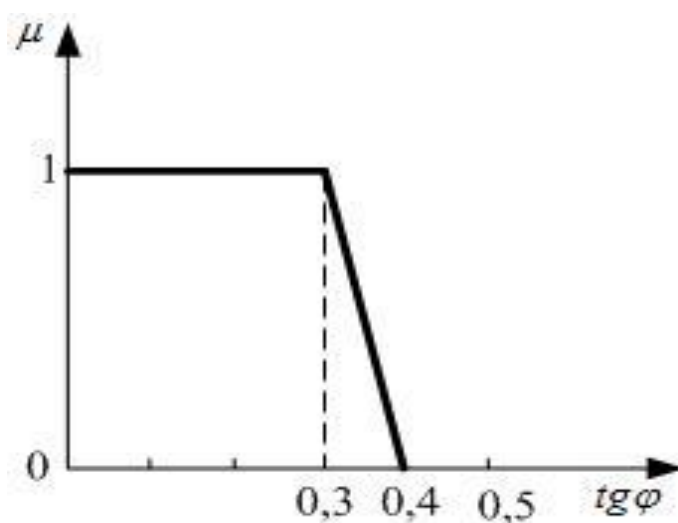


Рис. 7. Функция желательности для фактора «Величина КУ»

В рассматриваемой методике ранжирование проводится на основе определения **коэффициентов относительной важности** (рангов) частных критериев с точки зрения их вклада в показатель, который формируется на более высоком уровне причинно-следственной диаграммы. Например, показатель качества первого уровня «Качество электрической энергии» определяется частными критериями факторов второго уровня «Отклонение напряжения», «Несимметрия напряжения», «Несинусоидальность напряжения», каждый из которых вносит разный вклад в формирование показателя «Качество электрической энергии».

Далее проводится попарное сравнение важности факторов первого и второго уровней (рис. 1) между собой и заполняются матрицы парных сравнений. Результаты сравнений приведены в таблицах 1-3. В последних колонках таблиц приведены значения рангов (критериев относительной важности), полученные в результате расчетов, проведенных с помощью методики [6].

Таблица 1

Матрица парных сравнений и ранги факторов, входящих  
в «Качество электрической энергии»

	Режим напряжения	Несимметрия напряжения	Несинусоидальность напряжения	Ранг
Режим напряжения	1	5	3	1,986
Несимметрия напряжения	1/5	1	1/3	0,305
Несинусоидальность напряжения	1/3	3	1	0,709

Таблица 2

Матрица парных сравнений и ранги факторов, входящих  
в «Компенсация реактивной мощности»

	Место подключения	Мощность КУ	Ранг
Место подключения	1	1/5	0,311
Мощность КУ	5	1	1,689

Таблица 3

Матрица парных сравнений и ранги факторов, входящих  
в «Уровень потерь электроэнергии»

	Экономическое сечение	Учет электроэнергии	Режим напряжения	Ранг
Экономическое сечение	1	5	3	1,986
Учет электроэнергии	1/5	1	1/3	0,305
Режим напряжения	1/3	3	1	0,709

Далее аналогичным образом была построена матрица парных сравнений для основных факторов первого уровня и были рассчитаны их ранги. Эти данные приведены в таблице 4.

Матрица парных сравнений и ранги основных критериев эффективного функционирования сетей

	Уровень потерь электроэнергии	Качество электрической энергии	Электро-безопасность	Надежность	Компенсация реактивной мощности	Ранги
Уровень потерь электроэнергии	1	3	7	1/3	1/4	0,652
Качество электрической энергии	1/3	1	3	1/5	1/5	0,371
Электробезопасность	1/7	1/3	1	1/4	1/5	0,277
Надежность	3	5	4	1	1/3	1,102
Компенсация реактивной мощности	4	3	5	3	1	2,598

На последнем этапе проводится (с учетом найденных рангов) свертывание частных критериев первого и второго уровня в единый глобальный критерий, характеризующий эффективность функционирования сетей.

#### Список литературы

1. Лещинская Т.Б. Методы многокритериальной оптимизации систем электроснабжения сельских районов в условиях неопределенности исходной информации. – М.: Агроконсалт, 1998, – 148 с.
2. Черкасова Н.И. Моделирование, анализ и оптимизация потерь в распределительных электрических сетях 10-0,4 кВ. Монография. Н-ск:– Изд-во НГТУ. – 2008. – 96 с.
3. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
4. Китушин В.Г. Надежность энергетических систем. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2003. – 256 с.
5. Черкасова Н.И. Способ диагностики электропроводок зданий. Вестник КрасГАУ, 2012. №11.
6. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: Изд-во Машиностроение – 1, 2004.
7. Алексеев А.В. Интерпретация и определение функций принадлежности нечетких множеств // Методы и системы принятия решений. Рига. 1979. С. 42-50.



8. Исикава К. Японские методы управления качеством / Пер. с англ. М.: Экономика, 1988. 103 с.

9. Богатырев Л.Л., Манусов В.З., Содномдорж Д. Математическое моделирование режимов электроэнергетических систем в условиях неопределенности. – Улан – Батор.: Изд-во МГТУ, 1999. – 348 с.

УДК 621.316

**РАНЖИРОВАНИЕ ЧАСТНЫХ КРИТЕРИЕВ В УСЛОВИЯХ  
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ.  
ВЫБОР МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ПОТЕРЬ  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ**

Н.И. Черкасова

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

При решении задач многокритериальной оценки эффективности функционирования распределительных сетей 10-0,4 кВ необходимо учитывать равнозначность частных критериев качества. В случае большого числа критериев задача непосредственного определения рангов критериев оказывается весьма трудной и даже неразрешимой для экспертов в силу ограниченности психико – физиологических возможностей человека. При этом в случае сравнения двух альтернатив эксперт обычно способен адекватно определить, у какой из них рассматриваемый признак (важность) выражен сильнее, а также качественно (вербально) оценить, насколько велика разница между наблюдаемыми признаками.

Рассмотрим более подробно задачу определения значимости рангов частных критериев на основе их попарного сравнения. Попарное сравнение всех частных критериев проведем с помощью шкалы лингвистических оценок. На практике экспертные заключения часто имеют характер суждений типа: «продолжительность простоя при плановом ремонте силового трансформатора несколько предпочтительнее простоя при аварийном выходе его из строя» или «продолжительность простоя трансформаторов при плановом ремонте или в результате аварии одинаково значимы». Построение таких лингвистических оценок обычно не вызывает затруднений у специалистов [1].

В соответствии с широко распространенным подходом [2] лингвистическую шкалу построим состоящей из девяти градаций оценок относительной важности (табл. 1).

Такая шкала отражает особенности человека как субъекта принятия решений и обработки информации. Сделанным лингвистическим суждениям экспертов в соответствии с таблицей 1 присваиваются соответствующие численные оценки от 1 до 9. В таблице 1 через  $a_{ij}$  обозначена оценка значимости критерия  $i$  по отношению к критерию  $j$ . На основе всех определенных попарных оценок  $a_{ij}$  далее строится матрица парных сравнений

$$A = \{a_{ij}\}.$$

## Лингвистические оценки относительной важности

Качественная оценка	Количественная оценка
Строго эквивалентны (одинаково значимы)	1
Слабо предпочтительнее	3
Несколько предпочтительнее	5
Значительно предпочтительнее	7
Строго предпочтительнее	9
Промежуточные значения важности	2, 4, 6, 8
Оценка сравнения $j$ элемента с элементом $i(a_{ji})$ имеет обратное значение $a_{ij}$	$a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

Так, пусть исследуемая система характеризуется тремя критериями  $x_1, x_2, x_3$ . Между ними существуют отношения:  $x_2$  почти эквивалентен  $x_1$  и строго предпочтительнее  $x_3$ , а  $x_3$  несколько предпочтительнее  $x_1$ . Тогда в соответствии с табл. 1 матрица парных сравнений  $A = \{a_{ij}\}$  частных критериев  $x_i$  ( $i = 1, 2, 3$ ) исследуемой системы будет выглядеть следующим образом:

	$x_1$	$x_2$	$x_3$
$x_1$	1	1/3	1/5
$x_2$	3	1	9
$x_3$	5	1/9	1

Словесным оценкам парной важности поставлены в соответствие числа натурального ряда. Это необходимо для получения количественных результатов.

Рассмотрим методику нахождения рангов частных критериев на основе матрицы парных сравнений [3]. Пусть  $A$  – матрица парных сравнений, построенная на определенных экспертами значениях элементов матрицы  $a_{ij}$ . Через  $a_1, a_2, \dots, a_n$  обозначим искомые значения коэффициентов относительной значимости критериев.  $W = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  – вектор коэффициентов относительной важности (рангов);  $n$  – количество частных критериев.

Для каждого элемента матрицы парных сравнений справедливо  $a_{ij} = a_i / a_j$ . По содержательному смыслу ранги  $a_i$  – это значения вкладов соответствующих частных критериев, иными словами коэффициенты предпочтительности этих критериев. Тогда их совокупность  $W = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  отвечает собственному вектору матрицы  $A$ . Поэтому вектор  $W$  может быть найден как решение уравнения  $AW = \lambda W$ , где  $\lambda$  – собственное значение матрицы  $A$ . Используя условия нормализации  $\sum_{i=1}^n a_i / n = 1$ , применяя известные

методы отыскания собственных векторов, можно рассчитать численные значения рангов  $a_i$ .

В реальных условиях элементы матрицы парных сравнений не точны из-за того, что они отражают субъективное мнение эксперта. В этих условиях значение  $W$  можно вычислить как вектор, минимизирующий функционал [5]:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left( a_{ij} - \frac{a_i}{a_j} \right)^2 \rightarrow \min . \quad (1)$$

При этом искомые значения  $a_1, a_2, \dots, a_n$  являются решением оптимизационной задачи:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij} a_j - a_i)^2 \rightarrow \min ; \quad \sum_{i=1}^n a_i = n . \quad (2)$$

Широкое распространение для отыскания рангов критериев на основе матрицы парных сравнений получил приближенный метод, предложенный Т. Саати [3]. Этот подход заключается в отыскании приближенных значений вектора рангов, как среднегеометрических величин каждой строки матрицы парных сравнений. Полученные таким образом среднегеометрические значения собственного вектора нормализуются делением на сумму средних геометрических:

$$a_i' = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} , \quad a_i = \frac{a_i'}{\sum_{i=1}^n a_i'} \quad (3)$$

Приближенный метод Т. Саати вследствие своей простоты получил широкое распространение. Проведем сравнение его использования с результатами ранжирования критериев на основе описанной выше методики решения задачи оптимизации (2).

В реальных условиях функционирования распределительных сетевых компаний снижение потерь электроэнергии при ее передаче реально увеличивает прибыль компаний. Поэтому выбор наиболее эффективных мероприятий по снижению потерь является весьма актуальным для службы транспорта электроэнергии, а также всех без исключения распределительных энергоснабжающих компаний. Рассмотрим задачу принятия решения по выбору мероприятий по снижению потерь электроэнергии.

Сопоставление двух подходов выполним на основе матрицы эффективности мероприятий по снижению потерь электроэнергии. Предположим, что для общей оценки эффективности мероприятий по снижению потерь электроэнергии перед их реализацией необходимо проранжировать частные критерии мероприятий. В результате анализа мероприятий получена матрица парных сравнений, которая представлена в таблице 2.

Информативным показателем достоверности определения рангов является индекс согласованности (ИС) матрицы парных сравнений  $A$ , который дает информацию о степени нарушения численной (кардинальной  $a_{ij} = a_i / a_j$ ) и

транзитивной (порядковой) согласованности парных сравнений. В случае плохой согласованности рекомендуется поиск дополнительной информации и пересмотр данных, использованных при построении матрицы парных сравнений.

Индекс согласованности для каждой матрицы рассчитывается на основе оценки максимальной величины собственного значения матрицы  $\lambda_{\max}$ . Он может быть приближенно получен следующим образом: сначала суммируется каждый столбец матрицы парных сравнений, затем сумма первого столбца умножается на величину первой компоненты нормализованного вектора рангов, сумма второго столбца – на вторую компоненту и т.д. Затем полученные числа суммируются. Таким образом получается значение  $\lambda_{\max}$ .

Таблица 2

Матрица парных сравнений частных критериев эффективности мероприятий по снижению потерь

Показатель эффективности мероприятий	Ввод КУ на ПС сетевой компании	Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ	Реконструкция ВЛ с загрузкой по ЭПТ*	Отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов	Замена приборов учета на улучшенные	Замена измерительных трансформаторов	Установка на ПС средств АСКУЭ	Перевод на высшую ступень напряжения
Ввод КУ на ПС сетевой компании	1	5	3	7	6	6	1/3	1/4
Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ	1/5	1	1/3	5	3	3	1/5	1/7
Реконструкция ВЛ с загрузкой по ЭПТ*	1/3	3	1	6	3	4	6	1/5
Отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов	1/7	1/5	1/6	1	1/3	1/4	1/7	1/8
Замена приборов учета на улучшенные	1/6	1/3	1/3	3	1	1/2	1/5	1/6
Замена измерительных трансформаторов (повышение класса точности)	1/6	1/3	1/4	4	2	1	1/5	1/6
Установка на ПС средств АСКУЭ	3	5	1/6	7	5	5	1	1/2
Перевод ВЛ на высшую ступень напряжения	4	7	5	8	6	6	2	1

\* ЭПТ – экономическая плотность тока; КУ – компенсирующие устройства

**Индекс согласованности** рассчитывается по формуле  $ИС = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$ , где  $n$  – размерности матрицы парных сравнений. Для обратносимметричной матрицы всегда  $\lambda_{\max} \geq n$ . Чем более парные сравнения, тем меньше ИС.

На основе индекса согласованности ИС рассчитывается показатель **отношения согласованности** ОС:  $ОС = ИС/СС$ , где СС – значение **согласованности случайной** матрицы того же порядка. Средние значения согласованности для случайных матриц разного порядка, полученные при случайном выборе количественных парных оценок относительной важности из шкалы 1/9, 1/8, 1/7, 1/6, ..., 1, 2, ..., 9 и образования обратносимметричной матрицы, приведены в следующей таблице:

Размеры матрицы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Случайная согласованность	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

В [4] на основе обобщения опыта решения большого числа многокритериальных задач утверждается, что для того, чтобы парные сравнения можно было считать согласованными, величина ОС должна быть менее 10%. В ряде случаев приемлемой для практики согласованностью можно считать величину ОС до 20%. Если ОС выходит из этих пределов, то экспертам нужно пересмотреть задачу и проверить свои суждения.

В матрицах больших размеров, начиная с 7-9 элементов, часто трудно достигнуть высокого уровня согласованности. Тем не менее, минимальный уровень согласованности должен быть обеспечен.

В таблицах 3, 4 приведены результаты расчета рангов, ИС и ОС для рассматриваемого примера ранжирования критериев эффективности мероприятий по снижению потерь (табл. 2) на основе двух сравниваемых методик.

Как следует из анализа результатов, оценки рангов и критерии показателей согласованности ИС и ОС, полученные с использованием сравниваемых методик, могут различаться более, чем в два раза. При этом согласованность оценок при использовании методики оптимизации [5] во всех случаях существенно выше, чем при использовании приближенного метода Т. Саати (значения ИС и ОС ниже). Это свидетельствует о существенных преимуществах методики, основанной на решении оптимизационной задачи (2) по сравнению с традиционным приближенным подходом.

Использование теории нечетких множеств делает многокритериальные задачи принятия решений более информативно содержательными, позволяя учитывать качественную, нечетко заданную информацию в явном виде. В [6] отмечается, что до работ Л.А. Заде подобная качественная информация по существу просто терялась – было непонятно, как ее использовать в формальных схемах анализа альтернатив.

Таблица 3

Ранги и индексы согласованности в задаче выбора мероприятий  
по снижению потерь

Частный критерий оценки мероприятий по снижению потерь	Ранг	
	Метод Т. Саати	Задача оптимизации
Ввод КУ на ПС сетевой компании	0,173	0,137
Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ	0,054	0,054
Реконструкция ВЛ с загрузкой по ЭПТ*	0,188	0,121
Отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов	0,018	0,030
Замена приборов учета на улучшенные	0,031	0,046
Замена измерительных трансформаторов (повышение класса точности)	0,036	0,046
Установка на ПС средств АСКУЭ	0,167	0,089
Перевод ВЛ на высшую ступень напряжения	0,333	0,475
	$\lambda_{\max} = 9,669$ ИС = 0,238 ОС = 0,169	$\lambda_{\max} = 9,387$ ИС = 0,198 ОС = 0,14

Таблица 4

Отношения согласованности (ОС) в задаче выбора мероприятий  
по снижению потерь

Частный критерий оценки мероприятий по снижению потерь	Метод Т. Саати	Задача оптимизации
Ввод КУ на ПС сетевой компании	0,117	0,053
Выравнивание нагрузок фаз в сетях 0,4 кВ	0,210	0,110
Реконструкция ВЛ с загрузкой по ЭПТ*	0,117	0,054
Отключение в режимах малых нагрузок одного из трансформаторов	0	0
Замена приборов учета на улучшенные	0,079	0,074
Замена измерительных трансформаторов (повышение класса точности)	0,170	0,102
Установка на ПС средств АСКУЭ	0	0
Перевод ВЛ на высшую ступень напряжения	0,056	0,052

## Список литературы

1. Дилигенский Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: Изд-во Машиностроение – 1, 2004.
2. Sasaki T., Akiyama T. Traffic control process of expressway by fuzzy logic // Fuzzy Sets and Systems. 1988. Vol. 26. P. 165-178.
3. Saaty T. Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures // J. of Mathematical Psychology. 1977. Vol. 15. №3. P. 234-281.
4. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.; Радио и связь, 1991. 224 с.
5. Chu A., Kalaba R., Springarn R. A Comparison of Two Methods for Determining the weights of Belonging to Fuzzy Sets // J. of Optimization theory and applications. 1979. Vol. 27. №4. P. 531-538.
6. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации. М.: Наука, 1981. 208 с.

УДК 631.333.93.(043.3)

### **ПУТЬ И СКОРОСТЬ ЧАСТИЦЫ ТУКОВ НА ЛОПАСТИ В ПРОЦЕССЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ**

Н.А. Чернецкая

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Рассмотрены вопросы динамики процесса перемешивания туков с водой в горизонтальном аппарате с радиальной лопастной мешалкой. Построены уравнения движения частицы по поверхности лопасти. В результате решения получены координаты положения частицы на лопасти, проекции скорости на координатные оси, абсолютная скорость и путь частицы при различных значениях угловой скорости вала и угла наклона лопасти к плоскости вращения в различные моменты времени. Выявлено, что траектория частицы почти линейная с отклонением в сторону, противоположную направлению вращения лопастного вала; с увеличением угловой скорости вращения вала увеличивается длина пути и скорость движения частицы на лопасти.

Смеси жидких минеральных удобрений готовят путем перемешивания туков с поливной водой. Для этого используют смесители с механической мешалкой. Механизированное приготовление смесей повышает себестоимость тепличной продукции. Необходимо найти условия ресурсосберегающего процесса, обеспечивающего минимальные затраты энергии и времени при сохранении высокого качества питательной смеси. С этой целью рассмотрена динамика процесса перемешивания туков с водой в горизонтальном аппарате с радиальной лопастной мешалкой. Задача сводится к исследованию поведения частицы туков при контакте ее с лопастью, т.е. следует рассмотреть ее траекторию, определить характер влияния факторов на взаимодействие частицы и лопасти.

Горизонтальный аппарат с механической мешалкой обеспечивает полное и равномерное перемешивание без образования мертвых зон в емкости. Конструкция аппарата проста по устройству, обладает малой металло- и

энергоемкостью, удобна в эксплуатации и обслуживании [1]. Мешалка состоит из горизонтального вала с лопастями, установленными по винтовой линии под углом  $\varphi$  к плоскости вращения; длина лопасти составляет не менее 90% радиуса основания емкости U-образного поперечного сечения; ширина лопасти равна диаметру вала мешалки; лопасти равномерно распределяются по длине вала.

При вращении мешалки каждая из лопастей перемещается в некотором объеме, равном диаметру смесительной емкости и ширине лопасти. Частицы туков находятся в контакте с поверхностью лопасти, а именно: перемещаются по определенной траектории, затем сходят, увлекаются потоком жидкости, попадают на другую лопасть, перемещаются по ее поверхности, сходят и продолжают такое перемещение по лопастям до полного растворения растворимой части туков [2].

Схема относительного движения частицы по поверхности плоской лопасти при вращении мешалки представлена на рисунке 1. Неподвижная (абсолютная) система координат  $K_0(O, \xi, \eta, \zeta)$  связана с осью вращения лопастного вала, а подвижная система координат  $K_1(O, x, y, z)$  связана с лопастью и вращается вместе с ней. Движение центра масс  $M$  частицы является относительным в системе  $K_1$ , переносным вместе с лопастью, абсолютным по отношению к системе  $K_0$ . Положение точки  $M$  относительно подвижной системы отсчета определяется радиусом-вектором  $\vec{r}_1$ , проведенным в точку  $M$  из начала этой системы  $O$ , или тремя координатами  $x, y, z$  в этой системе:

$$\vec{r}_1 = \vec{i}x + \vec{j}y + \vec{k}z.$$

Начало отсчета времени  $t$  соответствует моменту встречи частицы с лопастью в начальной точке соединения лопасти и вала.

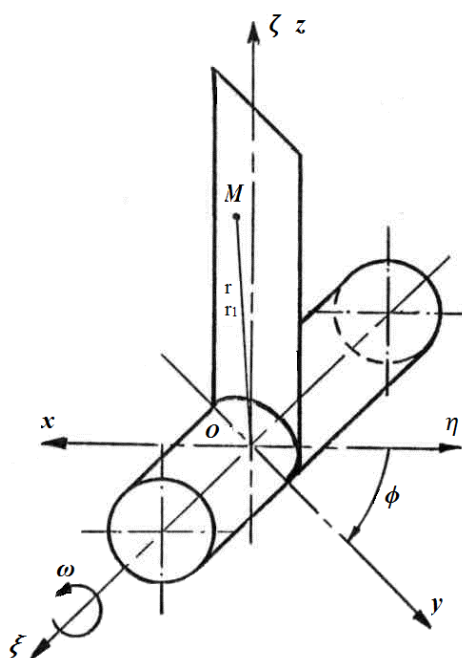


Рис. 1. Схема относительного движения частицы по поверхности плоской лопасти при вращении мешалки



На частицу, находящуюся на вращающейся лопасти, действуют следующие силы:  $P$  – вес частицы;  $N$  – реакция поверхности лопасти;  $F_T$  – сила трения частицы по поверхности лопасти;  $\Phi_K$  – сила инерции Кориолиса;  $\Phi_H$  – относительная сила инерции. Начальные условия на координаты:

$$\begin{cases} x = x_0, -R \leq x_0 \leq R; \\ y = 0; \\ z = R \sqrt{1 - \frac{x_0^2}{R_1^2}} \end{cases}, \quad (1)$$

где  $R$  – радиус вала;  $R_1$  – длина большей полуоси эллипса.

Начальные условия на скорость  $V$  точки  $M$  в подвижной системе координат:

$$\begin{cases} V_{x_0} = \omega \cos \varphi z_0 = \dot{x}_0; \\ V_{y_0} = \omega \sin \varphi z_0 = \dot{y}_0; \\ V_{z_0} = -\omega \cos \varphi x_0 - \omega \sin \varphi y_0 = \dot{z}_0. \end{cases} \quad (2)$$

С учетом уравнений проекций сил на координатные оси подвижной системы, начальных условий и текущих преобразований, уравнения движения точки имеют вид:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -f|N| \frac{\dot{x} + \omega \cos \varphi z}{\sqrt{(\dot{x} + \omega \cos \varphi z)^2 + (\dot{z} - \omega \cos \varphi x)^2}} + \\ + m \omega^2 \cos^2 \varphi x - 2m \omega \cos \varphi \dot{z} \\ |N| = -m \omega^2 \sin \varphi \cos \varphi x + 2m \omega \sin \varphi \dot{z} \\ m\ddot{z} = -mg - f|N| \frac{\dot{z} - \omega \cos \varphi x}{\sqrt{(\dot{x} + \omega \cos \varphi z)^2 + (\dot{z} - \omega \cos \varphi x)^2}} + \\ + m \omega^2 z + 2m \omega \cos \varphi \dot{x} \end{cases} \quad (3)$$

Задача Коши (1) – (3) решалась методом Фельберга 4(5) с использованием системы MATLAB. В результате получили координаты  $x(t)$  и  $z(t)$  положения частицы на лопасти, проекции скорости частицы  $dx(t)/dt$  и  $dz(t)/dt$  на координатные оси, абсолютную скорость  $V(t)$  и путь  $S(t)$  частицы при

различных значениях угловой скорости  $\omega$  вала, угла  $\varphi$  наклона лопасти к плоскости вращения в различные моменты времени  $t$ . Это даёт возможность детально изучить процесс перемещения частицы туков по поверхности лопасти. Поведение частицы рассматривали при изменении значений угловой скорости вала от  $\omega = 6,28$  рад/с до  $\omega = 10,47$  рад/с, соответствующих граничным значениям интервала рабочего режима аппарата. Значение величины угла  $\varphi$  изменяли от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  [3].

По мере вращения вала частица совершает вращательное движение вместе с лопастью и удаляется от центра, сходя с лопасти в некоторый момент времени  $t$ . Траектория частицы почти линейная с отклонением в сторону, противоположную направлению вращения лопастного вала. Максимальное время  $t$  нахождения частицы на лопасти составляет 0,1 мин. Тогда процесс движения частицы можно рассматривать в течение фиксированного промежутка времени от начала вращения до  $t = 0,1$  мин.

Частица остается на лопасти при углах  $\varphi = 60^\circ \div 90^\circ$  и угловой скорости вала  $\omega = 6,28$  рад/с за время  $t = 0,1$  мин. При  $\omega = 10,47$  рад/с диапазон угла расширяется до  $\varphi = 40^\circ \div 90^\circ$ . При меньших углах  $\varphi$  наклона лопасти к плоскости вращения частица сходит с нее раньше фиксированного промежутка времени.

Наименьшая длина  $l$  пути, пройденного частицей по лопасти за время  $t = 0,1$  мин, при  $\varphi = 90^\circ$  не изменяется при возрастании  $\omega$ . В диапазоне  $\varphi = 0^\circ \div 80^\circ$  длина пути  $l$  увеличивается на 53% с увеличением  $\omega$  от нижнего до верхнего пределов интервала рабочего режима аппарата. Наибольший путь  $l = 0,086$  м частица проходит в режиме  $\omega = 10,47$  рад/с при  $\varphi = 10^\circ$  (рис. 2).

В пределах интервала рабочего режима аппарата частица движется с максимальной абсолютной скоростью  $V(t) = 1,37$  м/с при  $\varphi = 0^\circ$  и  $\omega = 10,47$  рад/с. С возрастанием угла от  $\varphi = 10^\circ$  до  $\varphi = 80^\circ$  и увеличением угловой скорости  $\omega$  скорость  $V(t)$  уменьшается на 43%. При  $\varphi = 90^\circ$  частица движется с постоянной наименьшей скоростью  $V(t) = 0,78$  м/с при любом  $\omega$  (рис. 3). Следовательно, наибольший путь частица будет проходить по лопасти со скоростью  $V(t) = 1,37$  м/с.

Характер влияния факторов на взаимодействие частицы и лопасти заключается в том, что значения длины пути  $l$  и абсолютной скорости  $V(t)$  движения частицы по лопасти прямо пропорциональны изменению угловой скорости  $\omega$  вращения лопастного вала и обратно пропорциональны изменению угла  $\varphi$  наклона лопасти к плоскости вращения.

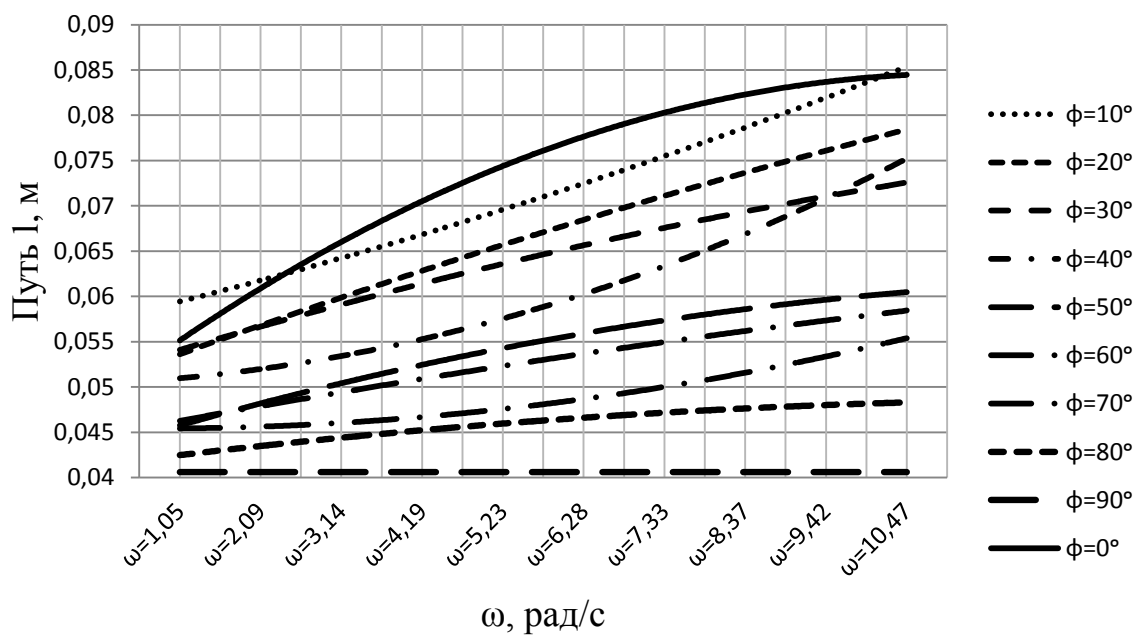


Рис. 2. Путь  $l$ , пройденный частицей за время  $t = 0,1$  мин

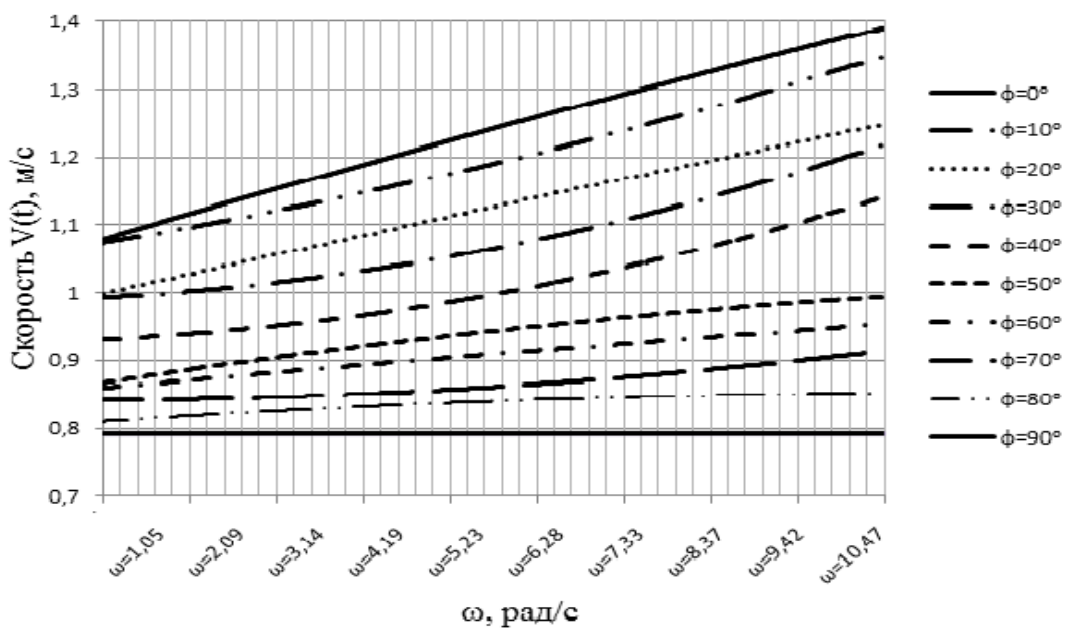


Рис. 3. Скорость  $V(t)$  движения частицы по лопасти при изменении угловой скорости  $\omega$  в момент времени  $t = 0,1$  мин для угла  $\phi = 0^\circ \div 90^\circ$

## ВЫВОДЫ

1. Траектория частицы почти линейная с отклонением в сторону, противоположную направлению вращения лопастного вала. Максимальное время  $t$  нахождения частицы на лопасти составляет 0,1 мин.

2. С увеличением угловой скорости  $\omega$  вращения вала увеличивается длина пути  $l$  частицы на лопасти и увеличивается скорость движения  $V(t)$  частицы по лопасти. При этом все частицы туков равномерно распределяются по всему объему смеси, не выходят из зоны активного перемешивания с поливной водой и растворяются без образования мертвых зон в емкости. Это сокращает затраты времени на приготовление смеси жидких минеральных удобрений.

3. Условиям ресурсосберегающего процесса, обеспечивающего минимальные затраты энергии и времени при сохранении высокого качества питательной смеси, соответствует режим работы аппарата с угловой скоростью вращения лопастного вала  $\omega = 10,47$  рад/с, углом наклона лопасти к плоскости вращения  $\varphi = 10^\circ$ , при котором частица проходит наибольший путь  $l = 0,086$  м со скоростью  $V(t) = 1,37$  м/с.

#### Список литературы

1. Чернецкая Н.А. К вопросу анализа аппаратов с механическими перемешивающими устройствами. Проблемы социального и научно-технического развития в современном мире: Материалы всероссийской научно-технической конференции 27-28 апреля 2006 г. Часть I / Рубцовск, Рубцовский индустриальный институт. – 2006. – С. 113-114.

2. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. О ресурсосберегающем режиме приготовления раствора минеральных удобрений. Статьи и тезисы докладов 68-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава технического университета. Часть 1 / Алт. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 127 с.

3. Чернецкая Н.А., Фокеев А.К. Исследование движения частицы в аппарате с механической мешалкой. Известия ТулГУ. Сер. Проблемы сельскохозяйственного машиностроения. Вып. 2. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2005. – С. 25-31.

### **СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ ЭНЕРГИИ РОТАЦИОННО-ДИСКОВЫМ РЕЖУЩИМ АППАРАТОМ ПРИ РЕЗАНИИ ТОЛСТОСТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР**

Н.А. Чернецкая, И.А. Будашов

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье рассматривается влияние конструктивно-режимных параметров ротационно-дискового режущего аппарата (подачи, частоты вращения, формы линии лезвия ножа, принципа среза), угла входа стеблей при подаче и диаметра стеблей на потребляемую мощность резания.

В настоящее время широкое распространение получили ротационные режущие аппараты как отечественного, так и иностранного производства. Ротационные режущие аппараты обладают рядом преимуществ, к основным из которых можно отнести высокую производительность и простоту конструкции.

Однако удельный расход энергии ротационных режущих аппаратов при резании толстостебельных культур гораздо выше, чем у сегментно-пальцевых. В связи с этим нами рассмотрено влияние таких факторов, как принцип среза, подача, форма линии лезвия ножа, частота вращения диска, отклонение стебля от вертикали и диаметр стебля на мощность, потребляемую при резании толстостебельных культур ротационным режущим аппаратом. При проведении опытов использовались подсолнечник сорта «Енисей», кукуруза сорта «Буковинский» и кустарниковая поросль клёна. За критерий оптимизации принята минимальная величина показателя потребляемой мощности при резании указанных культур.

Проведённые эксперименты на стенде, описанном в [1], позволили сделать вывод, что наибольшее влияние на потребляемую энергию при резании подсолнечника и кукурузы оказывают факторы «Подача», «Принцип среза» и «Частота вращения диска». Для повышения наглядности результатов, полученных при проведении опытов, мы выполнили геометрическую интерпретацию поверхностей отклика в зависимости от подачи и частоты вращения диска, а также от подачи и отклонения стебля от вертикали при зафиксированных значениях остальных факторов на уровнях, соответствующих наименьшему значению потребляемой энергии. Изолинии поверхностей отклика для подсолнечника изображены в соответствии с рисунком 1, для кукурузы в соответствии с рисунком 2.

На функцию отклика при резании кустарниковой поросли клёна наибольшее влияние оказывают факторы «Диаметр стебля», «Принцип среза» и «Отклонение стебля от вертикали». Геометрическая интерпретация поверхностей отклика для кустарников клёна в зависимости от конструктивных и технологических параметров при зафиксированных значениях остальных факторов на уровнях, соответствующих наименьшему значению потребляемой мощности, представлена в соответствии с рисунком 3.

Нами определены рациональные параметры ротационно-дискового режущего аппарата толстостебельных культур:

- для стеблей подсолнечника и кукурузы (минимальная потребляемая мощность 0,8 кВт) – принцип среза подпорный, подача 0,4 м/с, форма лезвия ножа прямая, частота вращения диска 1200 мин<sup>-1</sup>, отклонение стебля от вертикали 28°;

- для стеблей кустарниковой поросли клёна (минимальная потребляемая мощность 1,4 кВт) – принцип среза бесподпорный, подача 0,4 м/с, форма лезвия ножа прямая, частота вращения диска 1200 мин<sup>-1</sup>, отклонение стебля от вертикали 28°, диаметр стебля 20 мм.

Затраты энергии, потребляемой при резании рассматриваемых культур, отражаются в следующей последовательности по растениям в сторону увеличения: кукуруза, подсолнечник, кустарниковая поросль клёна.

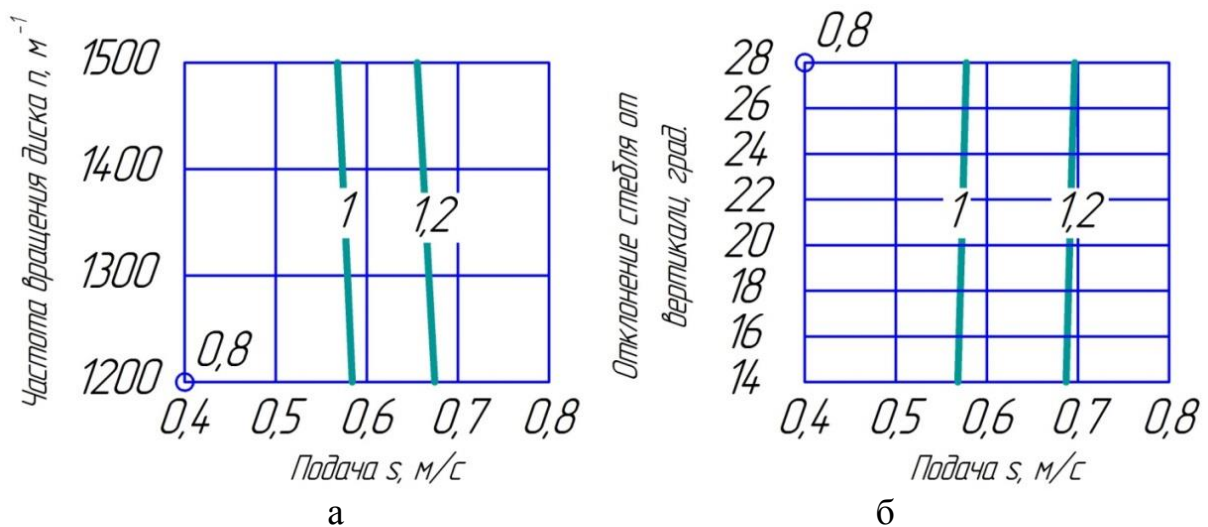


Рис. 1. Геометрическая интерпретация поверхностей отклика для подсолнечника:

а – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и частоты вращения диска при подпорном резании ножами с прямыми лезвиями и отклонением стебля от вертикали  $28^{\circ}$ ; б – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и отклонения стебля от вертикали при подпорном резании ножами с прямыми лезвиями и частотой вращения диска  $1200 \text{ мин}^{-1}$

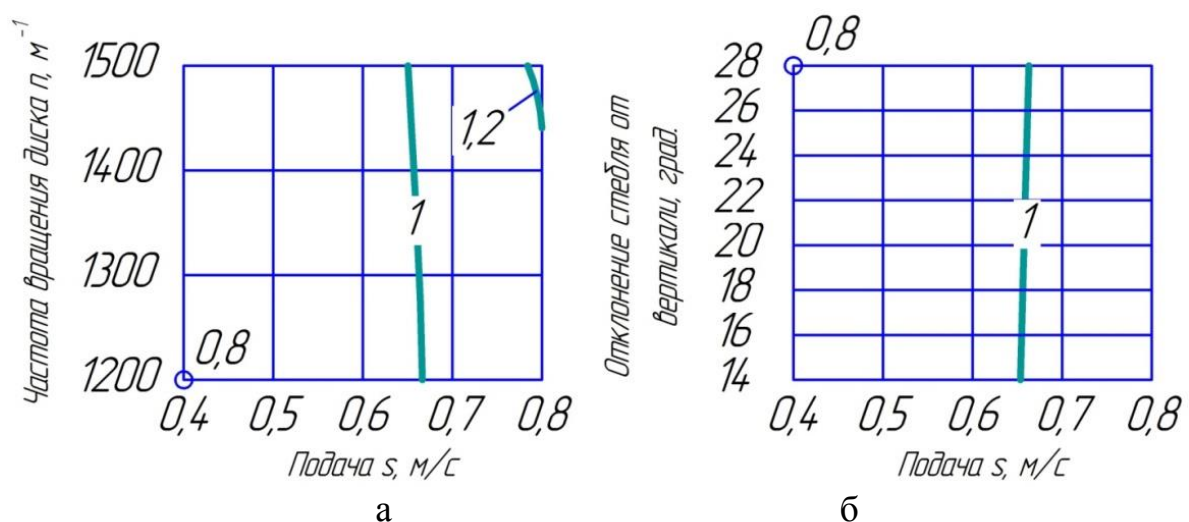


Рис. 2. Геометрическая интерпретация поверхностей отклика для кукурузы:

а – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и частоты вращения диска при подпорном резании ножами с прямым лезвием и отклонением стебля от вертикали  $28^{\circ}$ ; б – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и отклонения стебля от вертикали при подпорном резании ножами с прямым лезвием и частотой вращения диска  $1200 \text{ мин}^{-1}$

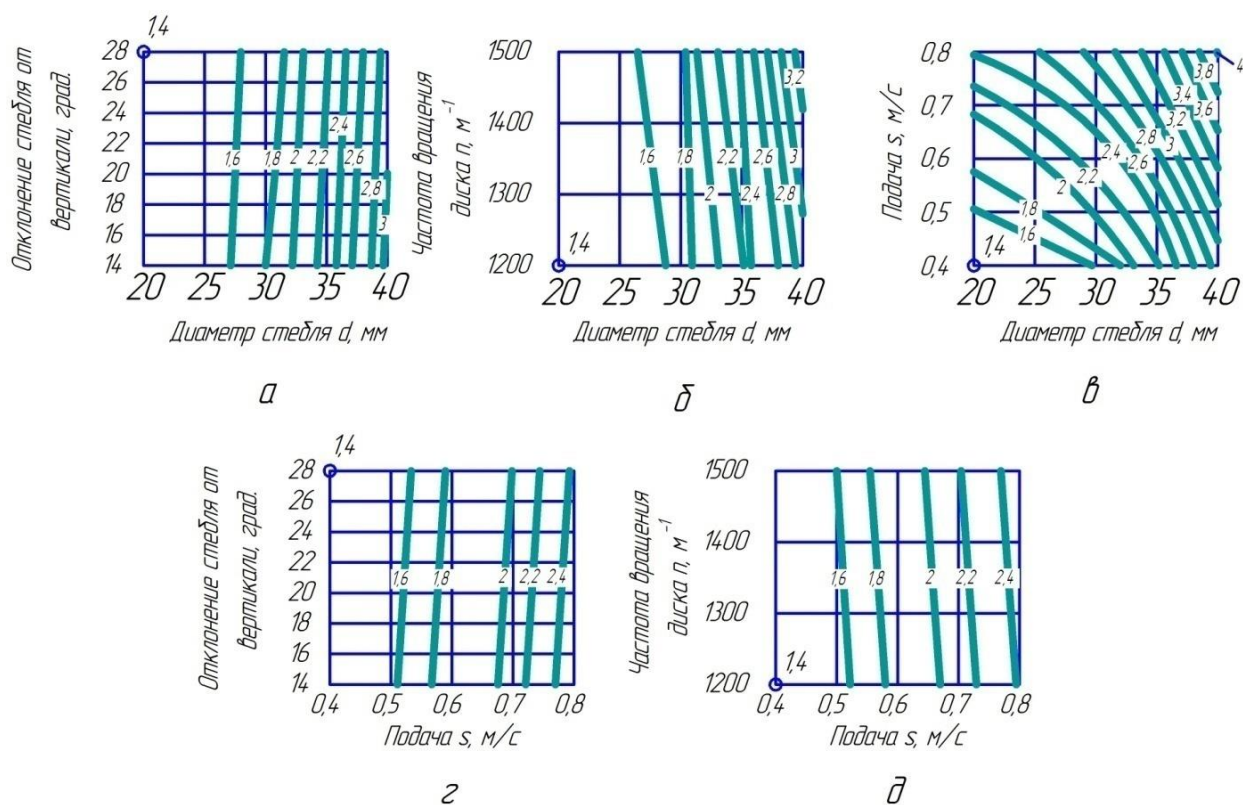


Рис. 3. Геометрическая интерпретация поверхностей отклика для кустарниковой поросли клёна:

а – поверхность отклика в зависимости от изменения диаметра стебля и отклонения стебля от вертикали при бесподпорном резании ножами с прямым лезвием с подачей 0,4 м/с и частотой вращения 1200 мин<sup>-1</sup>; б – поверхность отклика в зависимости от изменения диаметра стебля и частоты вращения диска при бесподпорном резании ножами с прямым лезвием с подачей 0,4 м/с и отклонением стебля от вертикали 28<sup>0</sup>; в – поверхность отклика в зависимости от изменения диаметра стебля и подачи при бесподпорном резании ножами с прямым лезвием с частотой вращения 1200 мин<sup>-1</sup> и отклонением стебля от вертикали 28<sup>0</sup>; г – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и отклонения стебля от вертикали при бесподпорном резании стеблей диаметром 20 мм ножами с прямым лезвием с частотой вращения 1200 мин<sup>-1</sup>; д – поверхность отклика в зависимости от изменения подачи и частоты вращения диска при бесподпорном резании стеблей диаметром 20 мм ножами с прямым лезвием и отклонением стебля от вертикали 28<sup>0</sup>

### Литература

1. Будашов И.А. Влияние основных параметров ротационно-дискового измельчителя на мощность резания подсолнечника / И.А. Будашов // Тракторы и сельхозмашины. 2011. №7. С. 39-40.

# МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИПРОДУКТОВ НА БАЗЕ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ СМЕСЕЙ ИЗ КЕДРОВЫХ ОПИЛОК

Н.А. Чернецкая, А.С. Войнаш

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

В статье рассмотрены вопросы обоснования технических параметров смесительного оборудования повышенной производительности, предназначенного для активации биопроцесса.

**Цель работы** – обоснование технических параметров смесительного оборудования повышенной производительности, предназначенного для активации биопроцесса.

**Актуальность работы** подтверждается анализом тенденций развития биотехнологического производства на малых предприятиях. Перейти на прогрессивную технологию мешает отсутствие научного и инженерного обоснования схемного решения и оптимальных технических параметров смесителей.

**Новизна работы.** В РИИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова начата разработка нового смесительного оборудования сниженной энергоемкости. Такое оборудование, обладая способностью активации биопроцесса в мелкодисперсных средах, существенно отличается от широко известных смесителей.

Анализ, проведенный ранее в РИИ АлтГТУ им. И.И. Ползунова, позволил сформулировать рекомендацию по компоновке смесителя по горизонтальному расположению вала мешалки, см. патент [3]. Преимуществом такого расположения вала является отсутствие мертвых зон в емкости смесителя. Кроме того, достаточно легко достигается равномерное распределение компонентов смеси по всему объему, снижается энергоемкость процесса.

Ближайшие **аналоги** нового горизонтального аппарата с радиальной лопастной мешалкой смесителя уступают ему по энергоемкости на единицу производительности.

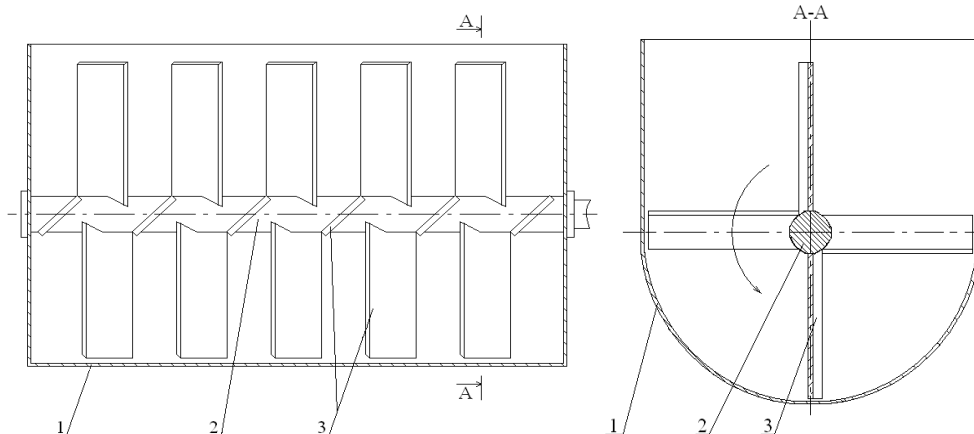


Рис. 1. Схема аппарата с механическим перемешивающим устройством  
1 – емкость U-образной формы в поперечном сечении; 2 – вал; 3 – лопасть



Предложенное схемное решение мешалки позволяет существенно повысить качество работы и снизить энергоемкость установки при достаточной ее технической производительности.

**Постановка задачи.** Для обоснования технических параметров смесителя сниженной энергоемкости, предназначенного для эксплуатации в условиях производства продукции, получаемой по биотехнологии с использованием микроорганизмов, обитающих в питательной среде, мелкодисперсных смесей на базе кедровых опилок, необходимо, прежде всего, проведение соответствующих теоретических исследований по выявлению влияния на перемешивание физико-механических свойств перемешиваемых материалов, конструктивных и кинематических параметров рабочих органов аппарата с механическим перемешивающим устройством.

**Методы исследований:** аналитический обзор литературы, патентный поиск, инженерные расчеты, многофакторный эксперимент, математическое моделирование на ПЭВМ.

**Ожидаемые (полученные) результаты:**

- анализ мировых тенденций в проектировании смесительного оборудования;
- предложены методики выбора основных параметров аппарата, с точки зрения необходимой мощности, которые позволяют снизить затраты времени и энергии при требуемом качестве смеси;
- разработано и отлажено программное обеспечение математической модели функционирования смесителя, проведены предварительные расчеты по составленным программам;
- оптимизация технических параметров смесителя с учетом физико-механических свойств компонентов смесей на базе кедровых опилок и разработка рекомендаций по выбору параметров смесителя на стадии проектирования;
- выбор сечений силовых элементов металлоконструкции смесителя, подбор комплектующих (электродвигатель, подшипниковые опоры и т.д.);
- оформление результатов литературного и патентного поиска, инженерных и экономических расчетов, других проведенных работ в виде отчета о НИР;
- разработка заявок на предполагаемые изобретения и полезные модели, подготовка тезисов докладов на научных конференциях; публикаций в трудах института;
- использование материалов работы при курсовом и дипломном проектировании по специальности «Машины и аппараты пищевых производств».

Одной из важных проблем, решаемых при компоновке смесителя, является правильный выбор ресурсосберегающего режима работы аппарата, который определяют параметры: мощность ( $N$ ), затрачиваемая на процесс, представленная безразмерным критерием Эйлера ( $Y_1 = Eu$ ); удельная производительность ( $k$ ) аппарата, представленная критерием Дьяконова (

$Y_2 = Di$ ); время ( $t$ ) процесса, представленное критерием ( $Y_3 = T$ ), и факторы: частота вращения ( $n$ ) мешалки, представленная критерием Рейнольдса ( $X_1 = Re$ ); угол ( $X_2 = \alpha$ ) постановки лопасти к плоскости вращения; живое сечение ( $X_3 = f$ ) лопасти; число ( $X_4 = z$ ) лопастей. Безразмерные критерии выражаются зависимостями:

$$Y_1 = Eu = \frac{N}{d^5 n^3 \rho}; Y_2 = Di = \frac{k}{n}; Y_3 = T = tn, \quad (1)$$

где  $N$  – мощность, затрачиваемая на процесс перемешивания;  $k$  – удельная производительность,  $t$  – время перемешивания.

Факторы и параметры объединены в следующие критериальные уравнения:

$$Eu = f(Re; \alpha; \varphi; z); Di = f(Re; \alpha; \varphi; z); T = f(Re; \alpha; \varphi; z). \quad (2)$$

Характерной особенностью этих уравнений является то, что они содержат в качестве аргумента только один критерий подобия комплексного типа – критерий Рейнольдса.

В ходе исследований был проведен четырехфакторный эксперимент, для определения энергосберегающего режима приготовления смеси, обеспечивающего наилучшее протекание процесса перемешивания с максимальной удельной производительностью и минимальной продолжительностью процесса. Для реализации эксперимента принят план полнофакторного эксперимента типа  $2^4$  с количеством повторностей опытов 3, что обеспечивает доверительную вероятность  $\alpha = 0,95$ . Уровни и интервалы варьирования факторов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни и интервалы варьирования критериев подобия

Обозначение	$X_1 = \frac{d^2 n \rho_c}{\eta_c}$	$X_2 = \alpha$	$X_3 = \varphi$	$X_4 = z$
Верхний уровень	$1,06 \cdot 10^6$	$90^\circ$	0,24	24
Основной уровень	$0,85 \cdot 10^6$	$50^\circ$	0,12	16
Нижний уровень	$0,64 \cdot 10^6$	$10^\circ$	0	8
Интервал варьирования	$0,21 \cdot 10^6$	$40^\circ$	0,12	8

Обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии, с учетом только значимых коэффициентов:

$$Y_1 = 97,165 - 61,193X_1; \quad (3)$$

$$Y_2 = 0,190 - 0,033X_1 + 0,012X_4; \quad (4)$$

$$Y_3 = 1819,792 + 357,292X_1 - 24,792X_3 - 40,208X_4. \quad (5)$$

Уравнения (3),(4) и (5) в расшифрованном виде, т.е. со значениями коэффициентов, соответствующих действительным значениям факторов процесса, принимают вид:

$$Eu = 341,217 - 3 \cdot 10^{-4} Re; \quad (6)$$

$$Di = 0,3 - 4 \cdot 10^{-7} Re + 1,5 \cdot 10^{-3} z; \quad (7)$$

$$T = 615,731 + 1,7 \cdot 10^{-3} \text{Re} - 165,278\varphi - 5,026z. \quad (8)$$

Эти уравнения показывают влияние частоты вращения мешалки, угла наклона лопасти, живого сечения лопасти и количества лопастей на основные параметры процесса: мощность перемешивания, время приготовления раствора и удельную производительность аппарата. Следовательно, критерий Рейнольдса, характеризующий частоту вращения мешалки, оказывает влияние на все параметры процесса, в то время как число лопастей влияет только на удельную производительность и время перемешивания и не влияет на мощность, затрачиваемую на перемешивание, а живое сечение лопасти сказывается только на удельной производительности аппарата с механическим перемешивающим устройством.

Результаты исследований представлены графически на рис. 2, 3 и 4.

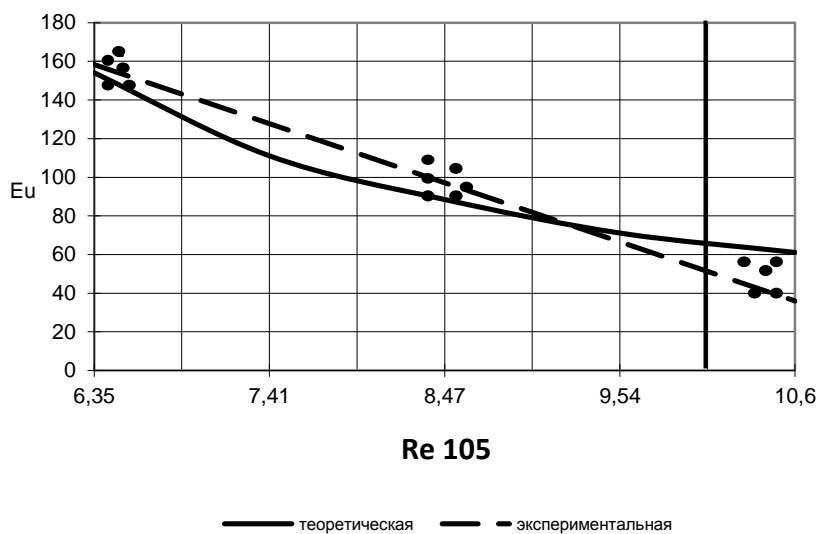


Рис. 2. Зависимость мощности, затрачиваемой на перемешивание, от частоты вращения мешалки

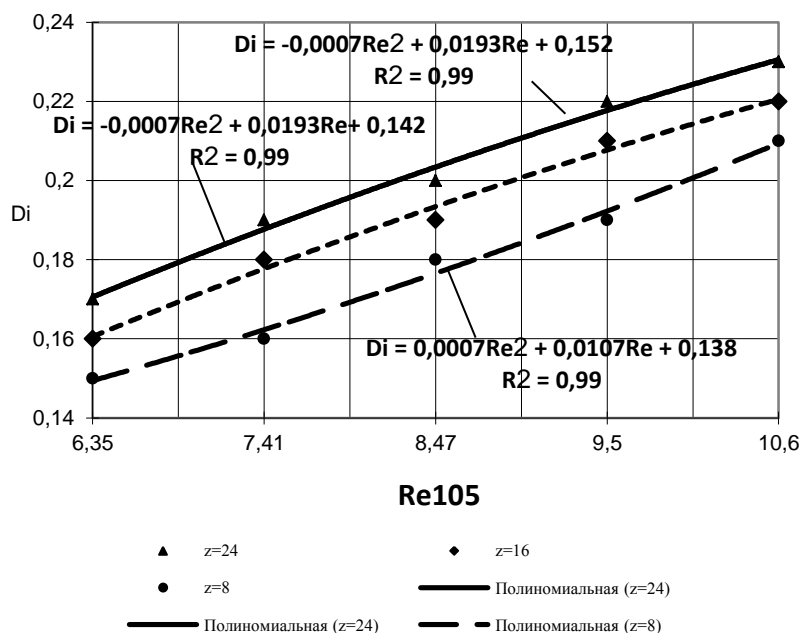


Рис. 3. Зависимость  $D_i$  от  $Re$

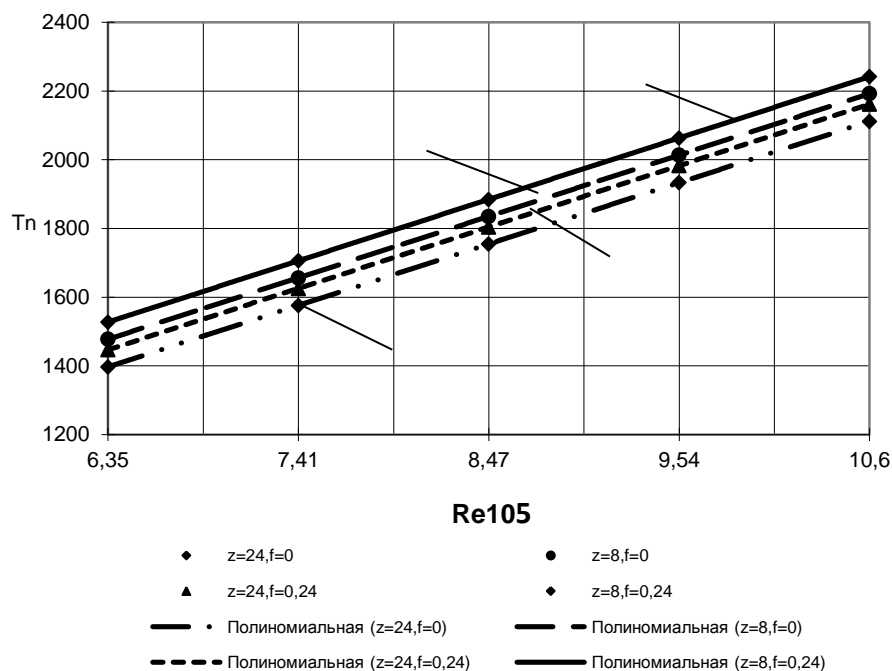


Рис. 4. Зависимость  $T_n$  от  $Re$

Для определения параметров аппарата, обеспечивающих наилучшее протекание процесса перемешивания с минимальным расходом энергии, максимальной удельной производительностью и минимальной продолжительностью процесса, применен метод крутого восхождения по поверхности отклика в направлении градиента (метод Бокса-Уилсона).

Таким образом, определены оптимальные параметры аппарата с механическим перемешивающим устройством: частота вращения лопастной мешалки –  $76 \text{ мин}^{-1}$ ; угол наклона лопасти к плоскости вращения –  $90^\circ$ ; живое сечение лопасти – 0; количество лопастей на валу мешалки – 24 штуки.

Оптимум достигнут на границе факторов  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ , а фактор  $X_1$  находится близко к центру эксперимента.

**Технико-экономическая эффективность.** Теоретический анализ позволил предложить инженерную методику выбора основных параметров смесителя мелкодисперсных сред, опирающуюся на расчеты по критериальным уравнениям. Расчеты на ПЭВМ позволили обосновать основные параметры смесителя и подтвердили, что по сравнению с аналогами его энергоемкость на единицу продукции в 1,3 ... 1,5 раза ниже.

Результаты работы опубликованы в [1, 2] и защищены патентом РФ на полезную модель [3].

Учитывая актуальность работы и достаточно высокий ее технический уровень, по мнению авторов, возможно передать полученные результаты в распоряжение организаций, занимающихся серийным выпуском продукции биотехнологического производства.

### Список литературы

1. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Обоснование параметров смесеприготовительного аппарата минеральных удобрений // Вестник Алтайского государственного аграрного университета №9 (71) – Барнаул, 2010. – С. 78-81.

2. Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А. Совершенствование аппарата с лопастной мешалкой по критериям ресурсосбережения: Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований «2011». Том 4. Технические науки. – Одесса: 2011. – С. 49-51.

3. Патент 99350 РФ, МКИ В 01 F 7/04. Горизонтальный смеситель / Чернецкая Н.А., Шапошников Ю.А., Войнаш А.С. (РФ) – Заявлено 11.06.2010; Опубл. 20.11.2010 // Изобретения. Полезные модели. – 2010. – №32.

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМБИНИРОВАННЫХ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ**

П.Ю. Яковлев

*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

Для современного развития сельского хозяйства и возможности его конкурентоспособности на мировом рынке необходимо решать вопросы повышения эффективности функционирования технических средств и технологий. Поэтому одним из первоочередных мероприятий является внедрение в сельское производство перспективных технологий и технических средств по обработке почвы. Актуальной проблемой в сельскохозяйственном производстве является и экономия топливно-энергетических и человеческих ресурсов при одновременном повышении производительности МТА, так например, чтобы быть конкурентоспособным на мировом рынке, один работник должен производить продукты питания для 50 человек [1].

Одним из таких перспективных направлений в данной области является создание и применение комбинированных машинно-тракторных агрегатов с фронтальной и задней навесными системами, позволяющих совмещать технологические процессы механической обработки почвы [2, 3, 4, 5]. Существенная раздробленность технологий на мелкие операции в значительной мере препятствует эффективному применению сельскохозяйственной техники. Необходимо придать особое значение изысканию новых, более экономичных технологических приемов работы тракторных агрегатов, разработке и применению комбинированных средств механизации, позволяющих за один проход агрегата производить целый ряд технологически взаимосвязанных операций, обеспечивающих высокое качество работы. При этом следует учесть, что речь идет не только об объединении отдельных элементарных технологических операций в единый процесс, но и о разработке качественно новых, более совершенных машин и выполняемых ими технологических

процессов, которые не повторяют и не копируют прежние, а заменяют их, становятся более экономичными и отвечают задачам комплексной механизации земледелия.

Совмещение технологических операций путем создания и широкого применения высокопроизводительных универсальных комбинированных машинно-тракторных агрегатов позволяет сократить число проходов техники по полю, в частности, при возделывании сахарной свеклы их количество уменьшается в 2 раза по сравнению с обычной технологией [6]. Снижаются затраты труда на 30...50%, металлоемкость – на 20...25%, экономится до 40% топлива на гектаре, повышается качество выполняемых работ и урожайность сельскохозяйственных культур [7, 8]. Применение фронтально-навесных машин/орудий в составе комбинированных агрегатов позволяет более полно загрузить мощные тракторы без большого увеличения ширины захвата и рабочих скоростей. Это особенно важно там, где использование широкозахватной и высокоскоростной техники ограничивается мелкой контурностью полей, значительной пересеченной местностью. В итоге этим можно снизить эксплуатационные затраты на производство механизированных работ, затраты труда, уменьшить потребность в тракторах и металлоемкость процесса в расчете на гектар обработки, сократить сроки выполнения сельскохозяйственных работ [9].

О необходимости применения комбинированных агрегатов по возделыванию пропашных культур говорит и тот факт, что из-за одного только переуплотнения почвы ходовыми системами МТА теряется до 15% урожая сахарной свеклы [10]. По данным [11], Россия – вторая страна в мире по размеру посевных площадей сахарной свеклы, но последняя по урожайности и выработке сахара. Из-за переуплотнения почвы, вследствие неоднократного прохождения движителей и опорных колес МТА по полю, возникает явление пространственной тесноты, возрастает сопротивление развитию корневых систем возделываемых растений, нарушается оптимальный водо- и воздухообмен и теряется до 5-30% урожайности сельскохозяйственных культур (урожай зерновых в следах тракторов снижается на 10-15%, а корнеклубнеплодов – на 20-30%). При этом влияние уплотняющего воздействия ходовых систем на снижение урожайности проявляется последующие несколько лет [12, 13, 14, 15, 16].

Таким образом, анализируя всё вышеперечисленное, можно сделать вывод об актуальности и необходимости применения в сельском хозяйстве комбинированных машинно-тракторных агрегатов, использующих фронтально – и задненавесные орудия. Это позволяет не только напрямую экономить материальные затраты при обработке и возделывании различных культур, но и получать при этом больший урожай, по сравнению с традиционными технологиями.

### Список литературы

1. Кукреш Л.В., Казакевич П.П. Инновационные технологии – основа развития АПК // Агропанорама. – 2010. №6. – С. 2-8.
2. Михеев В.В. Концепция возделывания сахарной и кормовой свеклы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. №1. – С. 27-29.
3. Краснощеков Н.В. Повышение производительности машинных агрегатов – приоритетное направление технической политики в АПК // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. №1. – С. 9-11.
4. Баранович Б.М., Чудиновских В.М., Черноглазов В.С. Снижение уплотнения почвы ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. №3. – С. 62-64.
5. Кабаков Н.С., Турушев М.Я. Устойчивость комбинированного агрегата с передней и задней навесными системами // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1981. №7. – С. 33-36.
6. Кабаков Н.С., Пономарев А.Г. Трактор ЛТЗ-155 для возделывания пропашных культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. №1. – С. 7-9.
7. Михеев В.В. Концепция возделывания сахарной и кормовой свеклы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. №1. – С. 27-29.
8. Надыкто В.Т., Перспективное направление создания комбинированных и широкозахватных МТА // Тракторы и сельхоз машины. 2008. №3. С. 26-30.
9. Петровец В.Р., Чайчиц Н.В. Комбинированный агрегат для возделывания зерновых культур // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. №8. – С. 47-50.
10. Баранович Б.М., Чудиновских В.М., Черноглазов В.С. Снижение уплотнения почвы ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1983. №3. – С. 62-64.
11. Михеев В.В. Концепция возделывания сахарной и кормовой свеклы // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. №1. – С. 27-29.
12. Гедроить Г.И. Уплотнения почв ходовыми системами сельскохозяйственных машин // Агропанорама. – 2010. №6. – С. 8-12.
13. Бобровник А.И., Жуковский Ю.М., Варфоломеева Т.А. Повышение агроэкологических качеств движителей колесных тракторов // Агропанорама. – 2011. №4. – С. 2-5.
14. Погодин Н.Н., Кучко В.В. Влияние уплотнения почвы на урожайность сельскохозяйственных культур // Агропанорама. – 2008. №4. – С. 28-31.
15. Орда А.Н., Селеша А.Б., Алешкевич С.В. Исследование процесса слеодообразования под действием различных типов ходовых систем // Агропанорама. – 2008. №2. – С. 7-12.
16. Тарасенко А.П., Баскаков И.В. Влияние числа проходов трактора по полю на урожайность люцерны // Механизация в растениеводстве – 2007. №5. – С. 6-7.

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ ФРОНТАЛЬНО - И ЗАДНЕНАВЕСНОГО ОРУДИЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

П.Ю. Яковлев

*Рубцовский индустриальный институт*

При движении машинно-тракторного агрегата с навеской, соединённой посредством тяг, представляющих собой в горизонтальной плоскости шарнирный четырехзвенник, возникает вопрос анализа колебаний орудия относительно трактора. Гячев Л.В. в своей работе [1] предлагал использовать теорию движения цетроид. Однако данная теория не отражает в полной мере поведение механизма, поскольку колебания происходят вокруг «мнимой» точки подвеса – точки  $C_0$  (мгновенный центр вращения), находящейся на пересечении тяг  $A_1O_1$  и  $A_2O_2$  в их нейтральном положении (рис. 1 а, б), и длина «мнимого» маятника в этом случае принимается равной  $C_0A_0$ . Колебания вокруг МЦВ при задней навеске устойчивы фактически всегда, поскольку точка присоединения орудия к трактору находится впереди орудия, т.е. в данном случае мы тянем орудие за трактором (рис. 1,а). При фронтальном агрегатировании точка присоединения орудия к трактору находится позади орудия, т.е. в данном случае мы толкаем орудие перед собой (рис. 1,б).

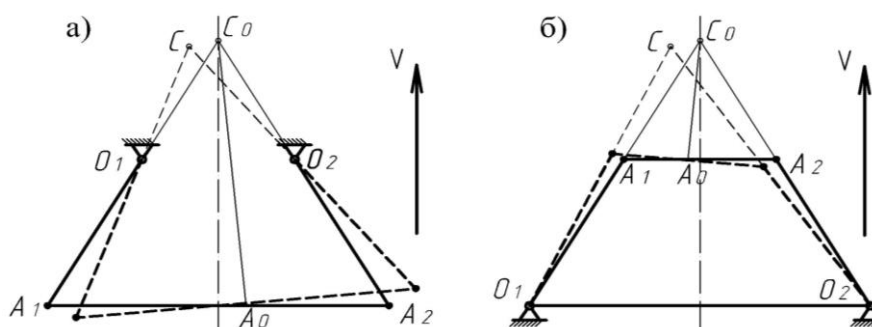


Рисунок 1. Кинематическая схема: а) задней навески; б) передней навески

В обоих рассмотренных случаях МЦВ находится впереди, но поведение орудия при фронтальном и заднем навешивании будет разным, поэтому возникает вопрос о необходимости анализа движения такого рода механизма.

Рассмотрим относительное движение фронтально-навешенного орудия (ФНО) в горизонтальной плоскости под действием сил сопротивления от рабочих органов. Орудие присоединено к машинно-тракторному агрегату (МТА) при помощи четырехзвенного механизма с перекрещивающимися тягами (рис. 2,а). Перемещение точки прицепа примем равномерным и прямолинейным. Данный шарнирный четырёхзвенник  $O_1A_1A_2O_2$  состоит из тяг  $O_1A_1$  и  $O_2A_2$  с предварительным углом установки  $\gamma$  и имеющих равные длины ( $l_{O_1A_1} = l_{O_2A_2} = l$ ), шарнирно соединённых со стойкой  $O_1O_2=2r$  и шатуном  $A_1A_2$ , к



которому крепится орудие. Сила сопротивления  $R$  сосредоточена в точке  $D$  звена  $A_0D=d$ , центр масс находится в точке  $S_M$  этого же звена. С шатуном  $A_1A_2$  связана система координат  $\xi A_0\eta$ , с МТА – система координат  $XOY$ .

Заменим данный четырехзвенник эквивалентным механизмом (рис. 2,б), при условии того, что между углами поворота тяги 1 и шатуна 2 имеется зависимость, представляющая собой передаточное отношение  $U_H = \Theta / \varphi$  [2], где  $\Theta$  – угол поворота звена 2,  $\varphi$  – звена 1. При этом длина звена 2 равна  $d$ , длина звена 1 равна:  $l_{OA} = l \cdot \sin \gamma$ .

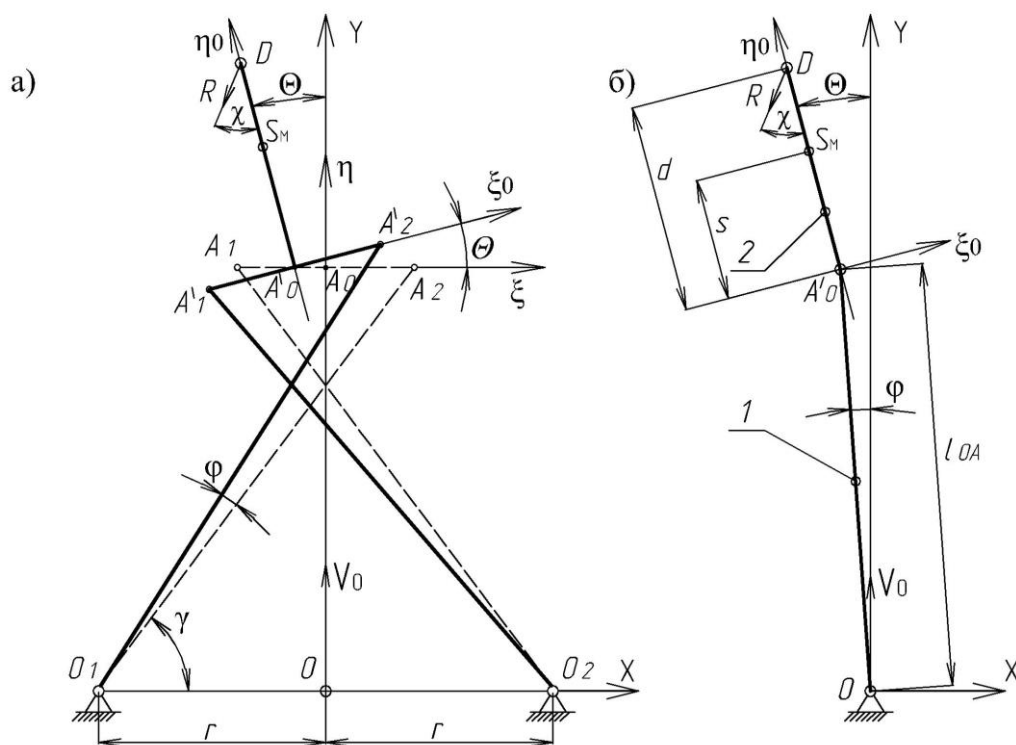


Рисунок 2. Схема механизма фронтальной навески: а) с аперекрещивающимися по ходу движения нижними тягами; б) его эквивалентная кинематическая схема

Для определения закона колебаний воспользуемся методом Лагранжа и составим уравнение, описывающее это движение. Механизм имеет одну степень свободы, и его положение можно определить углом  $\Theta$ :

$$\frac{d}{dt} \cdot \left( \frac{\delta T}{\delta \dot{\Theta}} \right) - \frac{\delta T}{\delta \Theta} = Q. \quad (1)$$

Кинетическая энергия, с учетом передаточного отношения:

$$T = \frac{\omega_2^2 \cdot \left( J_0 + m \cdot \left( \frac{l_{OA}}{U_H} + s \right)^2 \right)}{2} = \frac{\dot{\Theta}^2 \cdot \left( J_0 + m \cdot \left( \frac{l_{OA}}{U_H} + s \right)^2 \right)}{2},$$

где  $J_0$  – момент инерции орудия;  
 $m$  – масса орудия.

Продифференцировав кинетическую энергию по обобщенной координате, получим:

$$\frac{\delta T}{\delta \Theta} = 0, \text{ и } \frac{d}{dt} \cdot \left( \frac{\delta T}{\delta \dot{\Theta}} \right) = \ddot{\Theta} \cdot \left( J_0 + m \cdot \left( \frac{l_{OA}}{U_H} + s \right)^2 \right).$$

Найдем угол  $\delta$ , составленный вектором скорости центра сопротивления  $\bar{V}_D$  (и, следовательно, силой  $\bar{R}$ ) с продольной осью машины. Абсолютная скорость точки  $D$  равна геометрической сумме переносной и относительных вращательных скоростей звеньев 1 и 2.

$$\bar{V}_D = \bar{V}_O + \bar{V}_{OA_0} + \bar{V}_{A_0D},$$

где  $\bar{V}_{OA_0}$  – относительная скорость звена 1,  $V_{OA_0} = l_{OA} \cdot \dot{\varphi}$ ;

$\bar{V}_{A_0D}$  – относительная скорость звена 2,  $V_{A_0D} = d \cdot \dot{\Theta}$ ;

Спроецируем векторное равенство (1) на оси  $\xi$  и  $\eta$ , связанные с навесным орудием (рис. 3), проекция скорости  $V_{OA_0}$  на ось  $\eta$  пренебрежительно мала, поэтому её не учитываем. С учетом малости углов получим:

$$\left. \begin{aligned} V_\xi &= V_o \cdot \Theta - l_{OA} \cdot \dot{\varphi} - d \cdot \dot{\Theta} \\ V_\eta &\approx V_o \end{aligned} \right\}.$$

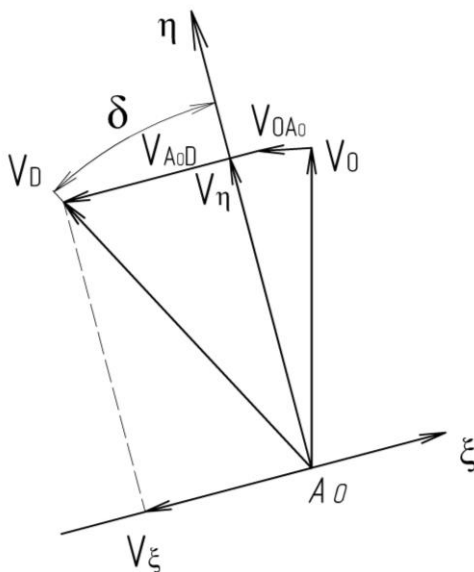


Рисунок 3. План скоростей точки D

С учетом передаточного отношения между углами поворота звеньев 1 и 2 получим:

$$\left. \begin{aligned} V_\xi &= V_o \cdot \Theta - \dot{\Theta} \cdot \left( d + \frac{l_{OA}}{U_H} \right) \\ V_\eta &\approx V_o \end{aligned} \right\}.$$

Угол  $\delta$  между вектором  $V_D$  и продольной осью орудия  $DA'_0$ , с учетом малости углов:

$$\operatorname{tg} \delta \approx \delta = \frac{V_{\xi}}{V_{\eta}} = \frac{V_o \cdot \Theta - \left(d + \frac{l_{OA}}{U_H}\right) \cdot \dot{\Theta}}{V_o} = \Theta - \dot{\Theta} \cdot \left(d + \frac{l_{OA}}{U_H}\right) \cdot \frac{1}{V_o}. \quad (2)$$

Внешними силами, входящими в правую часть уравнения (1), будут силы сопротивления от рабочих органов и сила от действия упругого элемента:

$$Q = \frac{R \cdot l_{OA}}{U_H} \cdot (\alpha_0 \cdot \delta - \Theta + \varphi) + (R \cdot d \cdot \alpha_0 + \beta_0) \cdot \delta - F_{\text{VIP}} \cdot \left(\frac{l_{OA}}{U_H} + f_{\text{VIP}}\right). \quad (3)$$

В итоге дифференциальное уравнение колебания ФНО относительно точки прицепа получает вид:

$$\begin{aligned} \ddot{\Theta} + \dot{\Theta} \cdot \frac{\left[\left(\frac{d \cdot U_H + l_{OA}}{U_H \cdot V_o}\right) \cdot \left(\frac{R \cdot l_{OA} \cdot \alpha_0}{U_H} + (R \cdot \alpha_0 \cdot d + \beta_0)\right)\right]}{\left(J_0 + m \cdot \left(\frac{l_{OA}}{U_H} + s\right)^2\right)} + \\ + \Theta \cdot \frac{-\left[\frac{R \cdot l_{OA}}{U_H} \cdot \left(\alpha_0 - 1 + \frac{1}{U_H}\right) + (R \cdot d \cdot \alpha_0 + \beta_0)\right]}{\left(J_0 + m \cdot \left(\frac{l_{OA}}{U_H} + s\right)^2\right)} = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\alpha_0, \beta_0$  – силовые параметры орудия;

$s$  – жесткость упругого элемента.

Рассматривая колебания задненавесного орудия (рис. 4) и учитывая знак геометрических параметров ( $l_{OA}, d$ ), в соответствии с их направлением относительно выбранных осей координат, получим аналогичное уравнению (4) дифференциальное уравнение колебания задненавесного орудия.

Уравнение (4) может быть переписано в виде:

$$\ddot{\Theta} + \dot{\Theta} \cdot 2n + \Theta \cdot k^2 = 0 \quad (5)$$

Уравнение (5) аналогично уравнению физического маятника, признаком устойчивости которого является положительный знак коэффициентов  $n$  и  $k^2$ . Сравним эти коэффициенты при фронтальном и задненавесном агрегатировании. Для простоты анализа возьмем рабочие органы простейшей геометрической формы ( $\alpha_0=1, \beta_0=0$ ) и при условии  $U_H=1$ .

Для фронтальной навески:

$$n = \frac{R \cdot \left(\frac{d + l_{OA}}{V_o}\right) \cdot (l_{OA} + d_0)}{2 \cdot \left(J_0 + m \cdot (l_{OA} + s)^2\right)} > 0, \quad (6)$$

$$k^2 = \frac{-R \cdot [l_{OA} + d]}{(J_0 + m \cdot (l_{OA} + s)^2)} < 0. \quad (7)$$

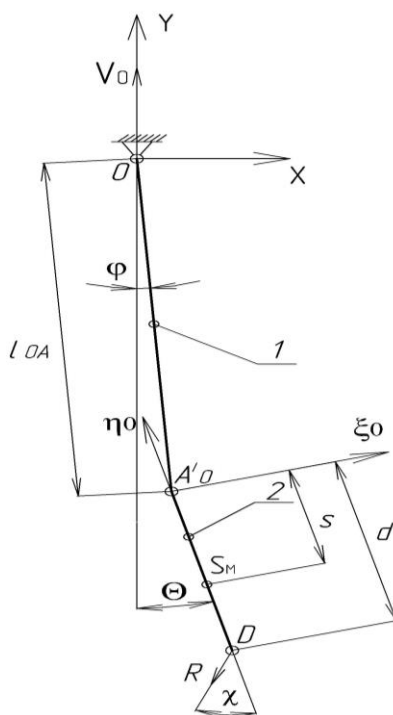


Рисунок 4. Эквивалентная кинематическая схема механизма задней навески с перекрещивающимися по ходу движения нижними тягами

Для задней навески:

$$n = \frac{R \cdot \left( \frac{-(d + l_{OA})}{V_0} \right) \cdot (-(l_{OA} + d_0))}{2 \cdot (J_0 + m \cdot (l_{OA} + s)^2)} > 0, \quad (8)$$

$$k^2 = \frac{-R \cdot [-(l_{OA} + d)]}{(J_0 + m \cdot (l_{OA} + s)^2)} > 0. \quad (9)$$

Как видно из уравнений (6) и (8), коэффициент  $n$  положителен в обоих случаях. Коэффициент  $k^2$ , уравнения (7) и (9), при фронтальном агрегатировании отрицателен, это говорит о том, что сила сопротивления вызывает дестабилизирующее действие и стремится вывести систему из положения равновесия [3].

Таким образом, рассматривая колебания фронтально- и задненавесных орудий, соединенных с МТА посредством шарнирного четырехзвенника, следует заменять его эквивалентным механизмом, что позволяет получить реальную картину поведения орудия, в отличие от теории движения центроид.

### Список литературы

1. Гячев Л.В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов. – Ростов-на-Дону.: Издательство Ростовского университета, 1976. – 192 с.
2. Площаднов А.Н., Яковлев П.Ю., Зейгерман А.С. Курсов И.В., Маршалов Э.С. Кинематика движения механизма фронтальной навески в горизонтальной плоскости и её особенности // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. №4. – С. 29-30.
3. Гячев Л.В. Устойчивость движения сельскохозяйственных машин и агрегатов. – М.: Машиностроение, 1981. – 206 с.

## ЭКВИВАЛЕНТНАЯ КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА ЧЕТЫРЕХЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА. УСЛОВИЕ УСТОЙЧИВОСТИ. УРАВНЕНИЕ КОЛЕБАНИЙ

П.Ю. Яковлев, А.Н. Площаднов, А.С. Демидов  
*Рубцовский индустриальный институт, г. Рубцовск*

При исследовании движения различных машин и механизмов удобно рассматривать их, заменяя на соответствующие эквивалентные модели.

Рассмотрим малые колебания четырехзвенного механизма (рис. 1) в вертикальной плоскости, когда внешняя нагрузка определяется силой тяжести. Данный шарнирный четырехзвенник  $O_1A_1A_2O_2$  состоит из тяг  $O_1A_1$  и  $O_2A_2$  с предварительным углом установки  $\gamma$  и имеющих равные длины ( $l_{O_1A_1} = l_{O_2A_2} = l$ ) шарнирно соединённых со стойкой  $O_1O_2=2r$  и шатуном  $A_1A_2$ . Груз массой  $G$  сосредоточен в точке  $D_0$ , звена  $A_0D_0=d$ , жестко соединенного с шатуном. Массы тяг и шатуна пренебрежительно малы.

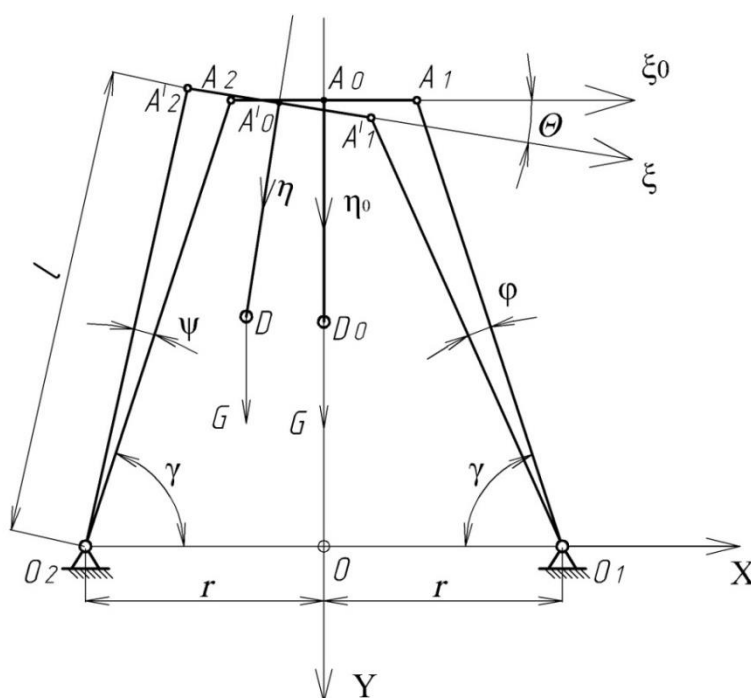


Рис. 1. Шарнирный четырехзвенник

Система координат  $XOY$  связана с опорами  $O_1, O_2$  и неподвижна, а с шатуном  $A_1A_2$  связана подвижная система координат  $\xi_0 A_0 \eta_0$ .

Между углами поворота правой  $\varphi$  и левой  $\psi$  тяг существует зависимость [1]:

$$\psi = \frac{\sin \gamma \cdot \left( \frac{r}{l} - \cos \gamma \right)}{\cos^2 \gamma + \frac{\sin \gamma \cdot \left( \frac{r}{l} - \cos \gamma \right)}{\varphi}}. \quad (1)$$

Рассмотрим отношение углов поворота правой и левой тяг  $\frac{\varphi}{\psi}$  при условии малости этих углов:

$$\frac{\varphi}{\psi} = \frac{\varphi \cdot \cos^2 \gamma}{\sin \gamma \cdot \left( \frac{r}{l} - \cos \gamma \right)} + 1. \quad (2)$$

Построим график, показывающий данную зависимость при  $0^\circ < \gamma \leq 90^\circ$  и при условии  $\frac{r}{l} = const < 1$  (рис. 2). Такое условие охватывает основной диапазон схем четырехзвенного механизма (перекрещивающиеся, сходящиеся и параллельные тяги).

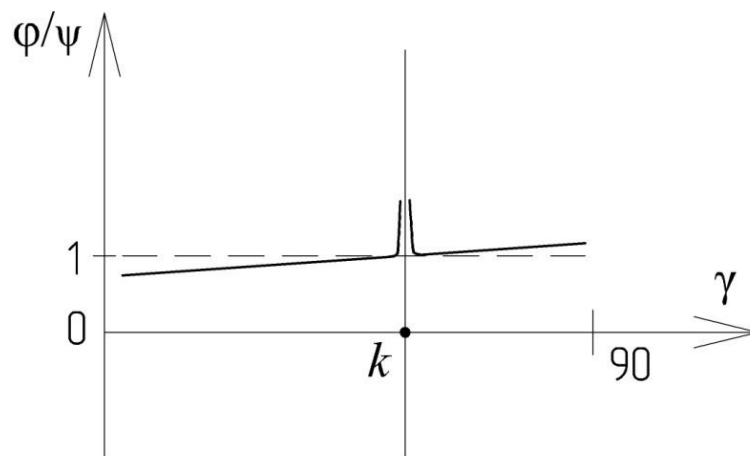


Рис. 2. Зависимость отношения углов поворота тяг от угла их предварительной установки:  $k = \arccos(r/l)$  – угол установки, при котором тяги сходятся в одной точке

Из графика видно, что при перекрещивающихся тягах ( $0^\circ < \gamma < k$ ) угол поворота левой тяги  $\psi$  больше, чем правой  $\varphi$ , поворот которой задается. При таком соотношении точка  $A_2$  поднимется в вертикальной плоскости на расстояние большее, чем точка  $A_1$  опустится. В диапазоне  $k < \gamma < 90^\circ$  – сходящиеся тяги происходит несколько иная картина – точка  $A_1$  опускается в вертикальной плоскости на большее расстояние, чем поднимется точка  $A_2$ .

Таким образом, при условии малости углов отклонения механизм

четырёхзвенника со сходящимися тягами (рис. 3а) можно заменить эквивалентным механизмом (рис. 3б). Из рисунка 3,б следует, что эквивалентный механизм представляет собой перевернутый маятник, состоящий из двух звеньев: среднего 1 и присоединенного к нему звена 2, между углами поворота которых существует зависимость, выраженная передаточным отношением  $U_H = \frac{\Theta}{\varphi}$  [1]. Ось вращения первого звена находится в точке  $O$ , второго – в точке  $A_0$ . Длина звена 1:

$$c = -l \cdot \sin \gamma.$$

Длина звена 2:

$$d = A_0 D_0 = A'_0 D,$$

причем его положительное значение откладывается по оси  $A'_0 \eta$  (рис. 1).

Угол отклонения маятника 1 от нейтрального положения будет среднеарифметическим значением суммы углов поворота правой и левой тяг –  $\varphi$  и  $\psi$ . Поскольку эти углы являются эквивалентно малыми величинами, их среднеарифметическое значение будет также являться малой величиной, близкой по значению к обоим углам. В этом случае угол отклонения маятника примем равным  $\varphi$ .

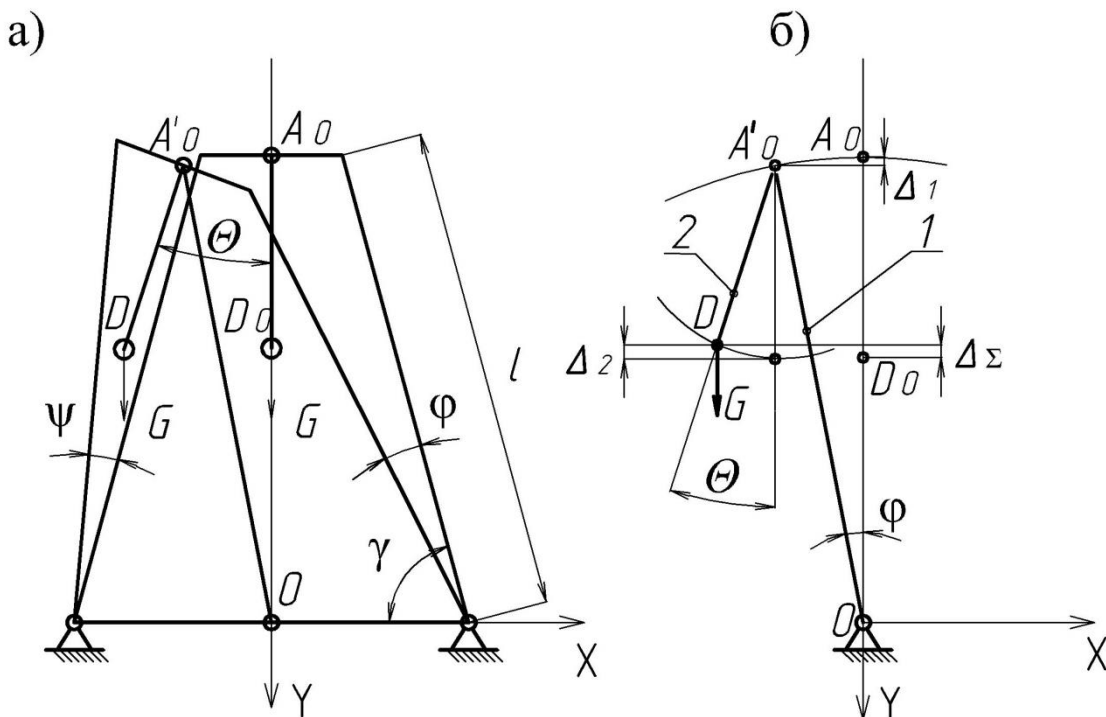


Рис. 3. Начальная и эквивалентная кинематические схемы механизма четырехзвенника со сходящимися тягами

Величина  $\Delta_1$  вертикального перемещения точки  $A_0$  звена 1 равна [2]:

$$\Delta_1 = c \cdot (1 - \cos \varphi).$$

Раскладывая значение  $\cos \varphi$  в ряд Тейлора до второго члена и пренебрегая членами более высокого порядка, получим следующее значение  $\Delta_1$ :

$$\Delta_1 = c \cdot (1 - \cos\varphi) = c - c \cdot \left(1 - \frac{\varphi^2}{2}\right) = \frac{c \cdot \varphi^2}{2}.$$

С учетом зависимости  $U_H$  между углами поворота тяги  $\varphi$  и шатуна  $\Theta$  получим:

$$\Delta_1 = \frac{c \cdot \Theta^2}{2 \cdot U_H^2}. \quad (3)$$

В свою очередь груз, закрепленный на шатуне  $A_1A_2$ , поворачивается относительно точки прицепа  $A_0$  на угол  $\Theta$ . Величину его вертикального перемещения относительно нейтрального положения подвижной системы координат найдем из соотношения:

$$\Delta_2 = d \cdot (1 - \cos\Theta),$$

откуда:

$$\Delta_2 = d \cdot \frac{\Theta^2}{2}. \quad (4)$$

Тогда суммарная величина вертикального перемещения точки  $D$  относительно неподвижной системы координат  $XOY$ , с учетом полученных значений (3) и (4):

$$\Delta_y = \Delta_2 + \Delta_1 = \Theta^2 \cdot \left( \frac{d}{2} - \frac{l \cdot \sin\gamma}{2 \cdot U_H^2} \right). \quad (5)$$

Для определения закона колебаний воспользуемся методом Лагранжа и составим уравнение, описывающее это движение. Маятник имеет одну степень свободы, и его положение определяется углом  $\Theta$ . Сообщая углу  $\Theta$  малое приращение  $\delta\Theta$ , найдем, что на этом перемещении работу совершает только сила тяжести  $G$ , сосредоточенная в точке  $D$ .

$$\frac{d}{dt} \cdot \left( \frac{\delta T}{\delta \dot{\Theta}} \right) - \frac{\delta T}{\delta \Theta} + \frac{\delta \Pi}{\delta \Theta} = 0. \quad (6)$$

Подвешенный в точке  $D$  груз при отклонении механизма поворачивается на угол  $\Theta$  [1] относительно неподвижной системы координат  $XOY$ , следовательно, его кинетическая энергия:

$$T = \frac{J_0 \cdot \dot{\Theta}^2}{2},$$

$$\frac{\delta T}{\delta \Theta} = 0, \quad \frac{\delta T}{\delta \dot{\Theta}} = J_0 \cdot \dot{\Theta} \quad \text{и} \quad \frac{d}{dt} \cdot \left( \frac{\delta T}{\delta \dot{\Theta}} \right) = J_0 \cdot \ddot{\Theta}. \quad (7)$$



Потенциальная энергия груза:

$$\begin{aligned} \Pi &= m \cdot g \cdot \Delta_z \\ \Pi &= \Theta^2 \cdot \left( \frac{d}{2} - \frac{l \cdot \sin \gamma}{2 \cdot U_H^2} \right) \cdot m \cdot g \\ \frac{\delta \Pi}{\delta \Theta} &= \Theta \cdot \left( d - \frac{l \cdot \sin \gamma}{U_H^2} \right) \cdot m \cdot g. \end{aligned} \quad (8)$$

Положение консервативной системы устойчиво, если в нейтральном положении её потенциальная энергия имеет минимум [3]. Чтобы определить, устойчиво ли состояние покоя в рассматриваемом положении системы, необходимо выполнение условия:

$$\left( \frac{\delta^2 \Pi}{\delta^2 \Theta} \right) > 0, \quad (9)$$

$$\left( \frac{\delta^2 \Pi}{\delta^2 \Theta} \right) = \left( d - \frac{l \cdot \sin \gamma}{U_H^2} \right) \cdot m \cdot g \quad (10)$$

Из уравнения (10) следует, что система устойчива при условии:

$$d > \frac{l \cdot \sin \gamma}{U_H^2}.$$

Составим уравнение колебаний данного эквивалентного механизма.

Подставив найденные значения (7) и (8) в формулу (6), получим уравнение колебаний эквивалентного четырехзвенного механизма:

$$\ddot{\Theta} + \Theta \cdot \left( d - \frac{l \cdot \sin \gamma}{U_H^2} \right) \cdot \frac{m \cdot g}{J_0} = 0. \quad (11)$$

При перекрещивающихся тягах, при условии малости углов отклонения, механизм четырехзвенника можно заменить эквивалентным, аналогичным механизму со сходящимися тягами. В таком механизме, при отклонении звена 1, точка  $A_0$  поднимается, тем самым происходит увеличение потенциальной энергии груза, находящегося в точке  $D$ . Поэтому для облегчения расчетов предлагаем не учитывать данную величину потенциальной энергии, пренебрегая ей в запас устойчивости, и рассматривать при этом только вертикальные перемещение точки  $D$  при её повороте относительно точки  $A_0'$ .

При перекрещивающихся тягах перемещение точки  $A_0$  предлагается рассматривать как движение параллельно неподвижной оси  $OX$  со скоростью  $V_{A_0} = \dot{\varphi} \cdot c$ , также направленной параллельно оси  $OX$ . При этом вертикальное перемещение считать равным нулю, т.е. при отклонении звена 1 от нейтрального положения происходит как бы его удлинение относительно  $OY$  на величину  $\Delta_c$  (рисунок 4).

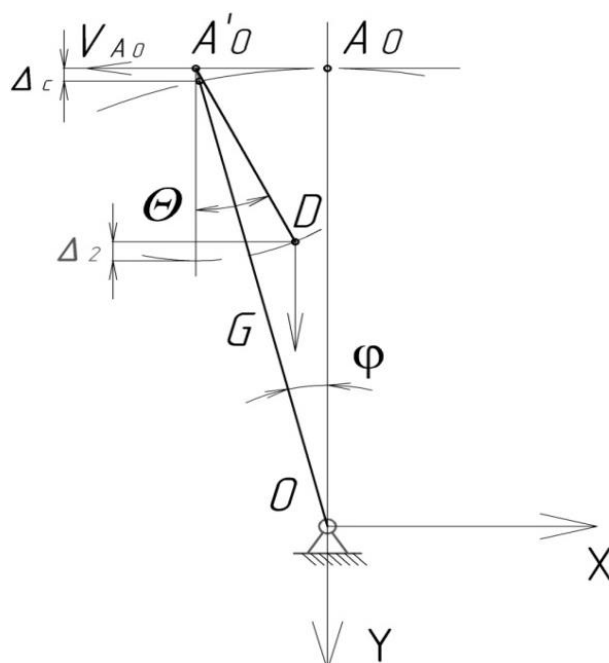


Рис. 4. Эквивалентная кинематическая схема средней тяги четырехзвенного механизма с перекрещивающимися тягами

Вертикальное перемещение точки  $D$  будет:

$$\Delta_2 = d \cdot \frac{\Theta^2}{2}. \quad (12)$$

Подвешенный в точке  $D$  груз при отклонении механизма поворачивается на угол  $\Theta$  [1] относительно неподвижной системы координат  $XOY$ , следовательно, его кинетическая энергия:

$$T = \frac{J_0 \cdot \dot{\Theta}^2}{2}.$$

Потенциальная энергия груза:

$$П = m \cdot g \cdot \Delta_2. \quad (13)$$

Подставив в выражение (13) значение вертикального перемещения (12), получим:

$$П = \Theta^2 \cdot \frac{d \cdot m \cdot g}{2}.$$

Положение консервативной системы в состоянии покоя устойчиво, если выполняется условие (9):

$$\left( \frac{\delta^2 \Pi}{\delta^2 \Theta} \right) = \frac{d \cdot m \cdot g}{J_0}. \quad (14)$$

Из уравнения (14) следует, что система устойчива при:

$$\frac{d \cdot m \cdot g}{J_0} > 0,$$

т.е. данное условие выполняется при  $d > 0$ .

Уравнение колебаний данного эквивалентного механизма будет иметь вид:

$$\ddot{\Theta} + \Theta \cdot \frac{d \cdot m \cdot g}{J_0} = 0. \quad (15)$$

При выполнении условия устойчивости (9), уравнения (11) и (15) представляют собой свободные незатухающие колебания эквивалентного механизма четырехзвенника в плоскости ХОУ.

Данные допущения и рассуждения о замене четырехзвенника эквивалентным механизмом позволяют перейти к анализу поведения такого механизма при рассмотрении его движения в горизонтальной плоскости, где основным силовым воздействием на механизм будет сила со стороны рабочих органов почвообрабатывающих орудий.

#### Список литературы

1. Площаднов А.Н., Яковлев П.Ю., Зейгерман А.С. Курсов И.В., Маршалов Э.С. Кинематика движения механизма фронтальной навески в горизонтальной плоскости и её особенности // Тракторы и сельхозмашины, 2012. – №4. С. 29-30.
2. Пановко\_Я.Г. Введение в теорию механических колебаний. – М.: Наука, 1980. – 272 с.
3. Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. – М.: Интеграл-пресс, 2007. – 608 с.

ТРУДЫ РУБЦОВСКОГО  
ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНСТИТУТА

ВЫПУСК 21

Редактор Е.Ф. Изотова

Подписано в печать 12.04.13. Формат 60x84 /16.  
Усл. печ. л. 7,69. Тираж 45 экз. Заказ 13 1166. Рег. №18.

Отпечатано в РИО Рубцовского индустриального института  
658207, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6.