

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Уральский государственный университет путей сообщения»

Выпуск 2 (207)

# «Эврика!»

Екатеринбург  
УрГУПС  
2015

УДК 51:1:62:31:33:001  
Э16

«Эврика!» : м-лы семинара аспирантов УрГУПС : сб. науч. тр./  
Э16 [сост. и науч. ред. Б. С. Сергеев, д-р техн. наук]. — Екатеринбург :  
УрГУПС, 2015. — Вып. 2 (207). — 153, [1] с.

УДК 51:1:62:31:33:001

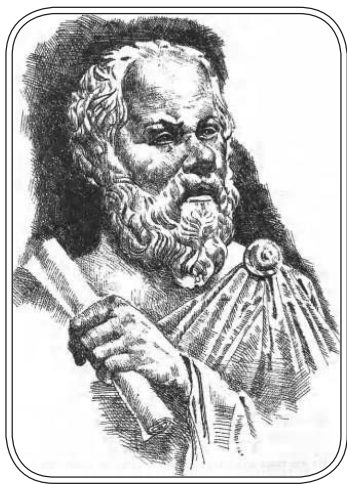
*Печатается по решению  
редакционно-издательского совета университета*

# Содержание

От составителя и научного редактора .....	5
<i>Бородин И. В.</i> Системы передачи информации с локомотивного подвижного состава .....	7
<i>Казакова С. Г.</i> Повышение эффективности функционирования эксплуатационного вагонного депо на основе комплексной оценки .....	19
<i>Козлов П. А.</i> Один способ распараллеливания численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, встречающихся на практике при моделировании течений газа.....	29
<i>Кондратьева А. В.</i> Концептуальные положения функционально-ориентированного подхода к организации транспортировки в цепях поставок .....	38
<i>Коротков В. О.</i> Концепция социальной стратификации общества иезуитов.....	49
<i>Кузнецова Е. М.</i> Обеспечение эксплуатационных показателей деталей машин при механической обработке .....	58
<i>Кузнецова М. И.</i> Символы Востока в уральском модерне .....	63
<i>Михалищев А. Г.</i> Оценка составляющих профиля шероховатости поверхности деталей в условиях алмазного выглаживания .....	75
<i>Михалищев А. Г. Кузнецова Е. М.</i> Оценка усталостной прочности деталей после механической обработки.....	82
<i>Осипян И. Ю.</i> Трудолюбие как социально значимое качество личности ...	89
<i>Пригородова Т. Н.</i> Борьба с пылеобразованием при погрузо-разгрузочных работах на железнодорожном транспорте .....	96
<i>Трофимова Н. С.</i> Содержательная характеристика субъектности личности студента колледжа в аспекте социально-психологической адаптации .....	106
<i>Тютнев А. Е.</i> Установление зависимости параметров шероховатости поверхности деталей от технологических условий обработки при обкатке роликом .....	112

<i>Ускова М. Л.</i> Системы технической диагностики и методы оценки их влияния на надёжность работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.....	123
<i>Шашков А. И.</i> Установление зависимости параметров шероховатости поверхности деталей от технологических условий обработки при выглаживании .....	133
<i>Шипулин А. В.</i> Автоматизированное построение прогнозируемого графика движения поездов.....	144

## От составителя и научного редактора



**Н**астоящий сборник является тематическим продолжением работ докладов, изложенных аспирантами на соответствующих научных семинарах. Предыдущий сборник «Эврика», выпущенный в 2013 году, показал актуальность и важность направлений работ, выбранных молодыми учеными головного вуза и филиалов университета. Приведенные в сборнике статьи охватывают большой круг вопросов: от гуманитарных до технических. При этом следует отметить существенно различный научно-технический уровень представленных статей, что было высказано авторам при редактировании.

В 2014 году в университете проведено 12 научных семинаров, на которых представлено 34 доклада, однако количество статей в настоящем сборнике составило 16. Это свидетельствует о невысокой заинтересованности аспирантов в наличии публикаций, хотя научные руководители должны разъяснять потенциальным ученым необходимость приобретения навыков изложения своих научных идей в рукописном и печатном виде. В настоящем сборнике приведено шесть статей Курганского института железнодорожного транспорта (в 2013 году — ни одной). Не приведено ни одной статьи Челябинского института путей сообщения по сравнению с четырьмя статьями в прошлом году. По-прежнему мала активность (ноль статей) филиалов из Нижнего Тагила, Тюмени и Перми. При обсуждении докладов на семинарах и при защите научных работ в диссертационных советах университета активность участия Курганского института путей сообщения является наиболее высокой. Это положительно отмечается руководством университета.

Некоторые статьи, в связи с достаточно высоким научно-техническим уровнем (в частности, статьи А. В. Сурина (научный руководитель — А. Э. Александров, д-р техн. наук) «Автоматизация расчета оперативного сменного-суточного плана поездобразован- ния и поездной работы железных дорог при сквозной технологии

планирования» и В.С. Колокольников (научный руководитель — В. Ю. Пермикин, канд. техн. наук) «Автоматизированное структурно-технологическое исследование железнодорожных станций») после соответствующей доработки рекомендованы для публикации в журналах «Вестник УрГУПС» или «Транспорт «Урала». Научные работы, выполненные магистрантами, могут быть опубликованы в сборнике научных работ студентов и магистрантов университета «Перспектива».

В качестве общего критического замечания следует обратить внимание на невысокую активность участия в публикациях сборника «Эврика» не только филиалов УрГУПС, но и аспирантов многих кафедр головного вуза. Очевидно, что значительная доля вины в этом плане лежит на научных руководителях. Поэтому хочется надеяться, что в последующих выпусках «Эврика» появится большее количество публикаций с более высоким научно-техническим уровнем.

С уважением и благодарностью за выполненную работу,

Б. С. Сергеев, научный руководитель сборника «Эврика», д-р техн. наук, проф. кафедры «Электрические машины», академик Российской академии естествознания, член-корр. Академии электротехнических наук РФ, засл. изобретатель РФ

## Системы передачи информации с локомотивного подвижного состава

---

И. В. Бородин (научный руководитель — М. С. Мухамедзянов, канд. техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



**Т**ехнологическая сеть связи предназначена для обеспечения производственной деятельности предприятий, управления технологическими процессами на производстве. Технические средства и принципы построения таких сетей определяются их владельцами. Технологические радиосети обмена данными нужны для решения определенных функциональных задач, связанных с организацией мониторинга состояния (сбора данных о техническом и/или оперативном состоянии), оперативного управления и информационного обеспечения в условиях, когда использование иных средств связи невозможно или нецелесообразно. Большая часть этих сетей служит для обеспечения в качестве основного или резервного средства функционирования важных и ответственных приложений, сбой в работе которых может вызвать серьезную аварию или катастрофу. Область применения технологических радиосетей обмена данными определяется следующими основными оперативно-техническими возможностями и преимуществами: относительная надежность среды передачи информации (линия передачи не подвержена механическим повреждениям и разрушающему влиянию среды); обширная оперативная зона работы сети и возможность ретрансляции сигнала (миллион и более квадратных километров); относительно небольшое время доступа к каналу передачи информации; высокая безопасность информации, передаваемой в технологической радиосети (гарантия защиты

от перехвата, подавления и несанкционированного доступа); относительно невысокая стоимость эксплуатации сети; независимость от чужой инфраструктуры с возможностью развития исходя из реальных требований (радиосетью владеет пользователь, ее параметры работы и оперативная зона изменяются им самостоятельно); совместимость с различным оборудованием сбора и обработки данных по широко применяемым и отработанным интерфейсам.

Основной пользователь узкополосных стационарных средств обмена данными — транспорт, где они применяются для управления устройствами телемеханики и аппаратурой сбора телеметрии.

Наиболее широкое распространение в России технологические радиосети получили на предприятиях топливно-энергетического комплекса, горнодобывающей промышленности, лесном, водном хозяйстве, дорожных службах, подвижных объектах авиационного, железнодорожного, автомобильного и электротранспорта.

### Автоматическая локомотивная сигнализация с использованием радиоканала

Классические системы автоматической локомотивной сигнализации — АЛСН, АЛС-ЕН, применяющиеся на железных дорогах для передачи сигналов на локомотив. Но эти системы обладают ограниченной надежностью; отказы в их работе могут быть обусловлены неисправностью локомотивных устройств АЛСН, искажением кодовых сигналов из-за влияния тягового тока, неблагоприятными погодными условиями и др. Также к недостаткам можно отнести малую информационную емкость передаваемых на локомотив данных. Возможным решением в данной ситуации может быть использование технологической радиосвязи и созданной на ее основе автоматической локомотивной сигнализации с использованием радиоканала (АЛСР). В АЛСР используется радиоканал для передачи кодов АЛС (точное определение координат и доставка ответственных данных) на локомотив [1]. Система позиционирования локомотива как часть АЛСР использует совокупность показаний от нескольких источников координатной информации (широко применяемые колесные датчики пути и скорости (ДПС), спутниковые системы навигации GPS/ГЛОНАСС, а также точечный канал связи с локомотивом).

Основой точечного канала связи с локомотивом (ТКС-Л) служат путевые приемоответчики (ППО), которые устанавливаются на шпалах в нужных точках пути. Этим создается статичная разметка же-



лезнодорожного полотна, позволяющая дискретно определять координаты локомотива в момент считывания ППО локомотивным оборудованием системы АЛСР при сопоставлении уникального номера, который передает ППО на локомотив. Точность определения координат локомотива — около одного метра. Кроме того, ТКС-Л служит средством доставки на локомотив команд телеуправления и телесигнализации, показаний сигнальных точек автоблокировки, показаний станционных, заградительных и других светофоров, информации об установленных поездных маршрутах на станции [1].

Для обеспечения непрерывного кодирования на всем протяжении пути в системе АЛСР применен универсальный цифровой радиоканал (УЦРК). УЦРК базируется на методах беспроводной широкополосной передачи данных. Основу УЦРК составляет радиосеть, построенная из нескольких базовых станций, располагаемых вдоль путей в полосе землеотвода железной дороги (рис. 1). К этой радиосети по проводным каналам подключено постовое и напольное оборудование ЖАТ. Опорная сеть УЦРК передает ответственную информацию о поездной ситуации, показаниях сигналов и установленных станционных маршрутах на бортовое локомотивное оборудование [1].

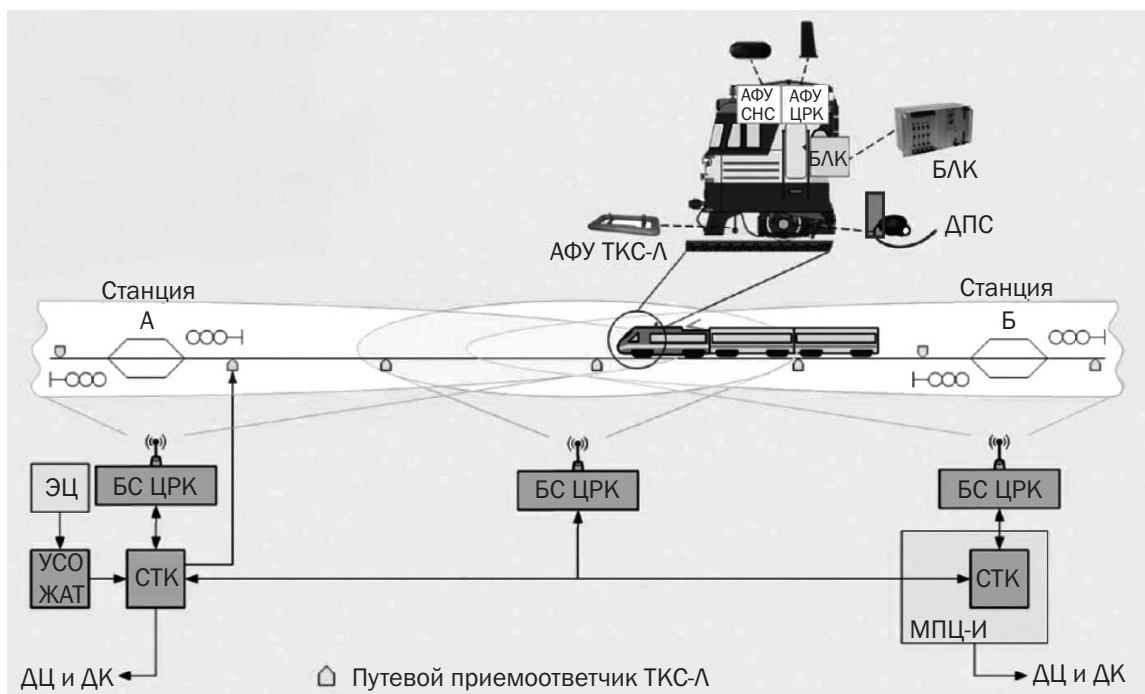


Рис. 1. Структурная схема АЛСР [1]

Инфраструктура системы АЛСР позволяет решать еще и ряд смежных задач. В частности, организация доступа к опорной сети УЦРК программно-аппаратных средств диспетчерского аппарата разрешает с минимальными затратами реализовать функцию принудительной остановки поезда автоматически или командой диспетчера. УЦРК может быть использован для передачи телеметрии бортового оборудования как средства мониторинга технического состояния локомотива по всему маршруту. Эта же функция контролирует локомотивные приборы безопасности.

Одно из перспективных направлений — внедрение бортового и стационарного оборудования АЛСР в состав уже существующих СЖАТ. Применение УЦРК на станциях позволит передавать маршрутную информацию в системе САУТ-ЦМ на станционных путях вне зависимости от наличия путевого оборудования.

Система АЛСР позволяет обеспечивать безопасность движения на участке, увеличить пропускную способность перегонов за счет снижения числа сбоев кодирования, оптимизировать скоростные режимы и интервалы попутного следования.

### Система «Красная стрела»

ОАО «МКБ «Компас» занималось созданием и внедрением помехоустойчивой системы безопасности, мониторинга и диспетчерского управления движением поездов с использованием систем ГЛОНАСС/GPS. Предпосылками для ее создания послужило желание обеспечить обслуживающий персонал данными о положении и скорости подвижного состава, а также возможность получения данных телеметрии с локомотива. Система «Красная стрела» может обеспечивать в реальном времени смежные системы управления на железнодорожном транспорте данными о номере пути следования, координатах, скорости локомотива. Система делится на две части — бортовую и постовую.

Информация от локомотива передается по радиоканалу сотовой GSM-связи на базовые приемники, установленные на станции. Постовая аппаратура включает в себя: приемники GPS/ГЛОНАСС, приемопередатчики GSM, расчетный сервер и место диспетчера. Местоположение локомотива определяется расчетным сервером на основании информации от локомотива и базовых GPS/ГЛОНАСС приемников и передается на рабочее место диспетчера [2]. Информация от базовых приемников передается по Ethernet-линии.

Информация о координатах и скорости движения локомотива отображается на рабочем месте диспетчера; ведется архив в базе данных, по которому можно определить положение локомотива в каждый момент его движения, также проводятся вычисления по показателям использования локомотива (пройденный путь за промежуток времени, время стоянки и моточасов).

Задержка при передаче информации о координатах локомотива не превышает 2 с [2]. Информация, получаемая с помощью системы «Красная стрела», может быть использована для контроля передвижений локомотивов, вагонов, поездов, сопровождения грузов, позволяет повысить оперативность передачи данных о перемещениях локомотивов и вагонов. За счет автоматического получения информации можно увеличить скорость подачи/уборки вагонов на погрузку и выгрузку, оптимизировать работу локомотивов и самих станций, увеличить эффективность их использования.

По сравнению с АЛСР, «Красная стрела» обеспечивает передачу довольно малого количества информации на базовую станцию. Например, АЛСР передает по радиоканалу на локомотив коды АЛС, возможна передача телеметрии с локомотива, принудительная остановка поезда диспетчером и т.д. Точность определения положения подвижной единицы, рассматривая заявленные производителем характеристики, не выше чем у той же АЛСР. Поэтому большого распространения данная система не получила.

### Система «Дуплекс»

Идея применения радиоканала для передачи данных была использована и в отношении железнодорожных путей промышленных предприятий. Несмотря на много меньшую их протяженность, применение системы диспетчерского управления парком локомотивов может намного улучшить эффективность использования транспортных ресурсов. Примером может служить система «Дуплекс». «Дуплекс» осуществляет контроль передвижения и управляет эффективностью использования локомотивного парка на промышленном предприятии [3].

Основные функции системы: предоставление диспетчеру промышленного предприятия информации о координатах, скорости и направлении движения подвижного состава в реальном времени; обеспечение безопасности движения при маневровых работах, отображение оптимальных значений скорости движения для машини-

ста. При превышении допустимой скорости и отсутствии действий машиниста система осуществляет автоматическое управление тормозами; есть возможность дистанционного автоматизированного управления локомотивом с носимого пульта. Эта функция может быть использована при маневровой работе в депо, на станциях, сортировочных горках, при погрузочно-разгрузочных работах (с опасным грузом); регистрация уровня топлива, режима движения, пробега локомотива. Система позволяет получить данные о фактическом расходе топлива тепловозом, обороты двигателя, фиксировать время, объем заправок или слива топлива, производить диагностику локомотива при оснащении соответствующими датчиками; формирует и передает данные о действиях машиниста за смену.

Автоматическое ведение архива позволяет восстановить ход событий при расследовании инцидентов, а также спорных моментов. На рис. 2 приведен внешний вид бортового локомотивного компьютера (БЛК) системы «Дуплекс». Формирование отчетов о работе транспортных средств и парка локомотивов, включая качественные показатели, позволяет оперативно контролировать работу тягового состава и эффективней использовать транспортные ресурсы.



Рис. 2. БЛК системы «Дуплекс»

В системе позиционирования используются пассивные путевые приемоответчики точечного канала связи (ТКС-Л) и датчик пути и скорости, что позволяет системе работать в закрытых цехах и карьерах, где отсутствует или сильно ухудшена видимость спутников глобальных навигационных систем (GPS/ГЛОНАСС) [3].

Передача данных с локомотива на станционный сервер идет по радиоканалу, зона покрытия которого должна охватывать все железно-

дорожные пути предприятия. Если цифровой радиоканал по каким-либо причинам недоступен (нет зоны покрытия, неисправен сервер или другое оборудование), информация сохраняется во встроенной памяти бортового оборудования. При восстановлении радиоканала накопленная информация автоматически передается на сервер.

Отличие рассмотренной системы от двух предыдущих — в том, что она предназначена для использования на предприятии, где расположение железнодорожных путей компактно и протяженность их невелика (по сравнению с протяженностью путей общего пользования). Поэтому кроме уже известных функций передачи телеметрии с локомотива и обеспечения безопасности движения, система обеспечивает и специфические: дистанционное управление тепловозом с носимого пульта; контроль уровня топлива, режима движения и пробега и т. д. В целом внедрение системы на предприятии может повысить эффективность использования транспортных ресурсов, безопасность движения при маневровых работах, снизить потери от краж горюче-смазочных материалов. Система внедрена и эксплуатируется на ряде промышленных предприятий РФ.

### Система «Синтера»

Идея применения радиоканала для передачи данных воплощена и на железнодорожных путях общего пользования. Интересно рассмотреть возможность интервального регулирования движения поездов по радиоканалу на определенном участке также без применения кодов АЛСН. Такие идеи воплощены в системе «Синтера».

«Синтера» — программно-аппаратный комплекс, предназначенный для организации поездной и маневровой работы, управления движением поездов на определенном участке с использованием радиоканала. Система позволяет увеличить пропускную способность участка за счет сокращения интервала попутного следования поездов [4].

Основные функции системы: управление движением поездов на перегонах, возможно при полном отсутствии светофоров; управление поездной и маневровой работами на станции; точное определение скорости и координат локомотива; автоматическое управление пневматическими тормозами поезда при превышении допустимой скорости; расчет кривой торможения и остановка поезда с заданной точностью; недопущение проследования запрещающего сигнала; контроль целостности поезда и определение координат его хвоста; управление передвижением поездов по виртуальным блок-участкам [5].



Структура системы включает: центр радиоблокировки (может быть программно интегрирован с МПЦ-И), пассивные и/или активные путевые приемоответчики, бортовой локомотивный компьютер, блок индикации и ввода данных, устройство считывания ППО, доплеровский радар, датчик пути и скорости (ДПС), приемник спутниковой системы навигации (СНС), оборудование цифрового радиоканала.

Основу системы представляет центр радиоблокировки, осуществляющий сбор данных о координатах локомотива и формирующий отчет в зависимости от поездной обстановки участка (включая данные от станционных систем централизации). На рис. 3 приведен внешний вид бортового локомотивного компьютера (БЛК) системы «Синтера».

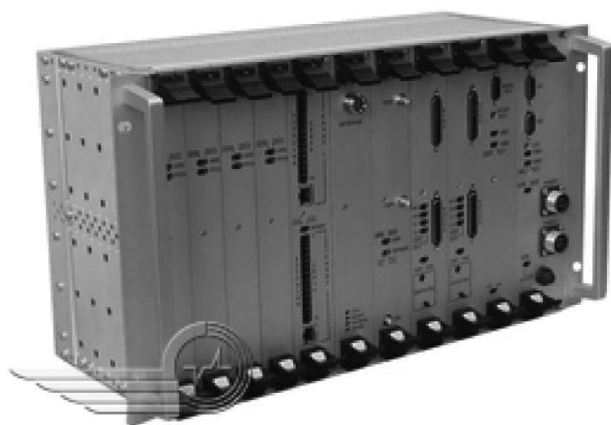


Рис. 3. БЛК системы «Синтера» [5]

Для каждого поезда в области ответственности центра радиоблокировки посекундно формируются данные о допустимой скорости, расстояния до точки прицельного торможения и возможные команды управления.

Бортовой локомотивный компьютер непрерывно рассчитывает местоположение локомотива, текущую скорость и передает эту информацию по радиоканалу в центр радиоблокировки. Информация о текущей и допустимой скоростях движения отображаются на дисплее пульта машиниста. При превышении допустимой скорости происходит автоматическое управление тормозами поезда. Кривая торможения вычисляется в реальном времени исходя из фактического положения поезда, параметров состава, расстояния до точки прицельного торможения [5].

Система может работать в местах, где отсутствует или сильно ухудшена видимость спутников систем GPS/ГЛОНАСС.

Благодаря внедрению системы можно добиться увеличения пропускной способности участка пути, сокращения эксплуатационных расходов, кроме того, сокращаются затраты на установку и обслуживание оборудования (по сравнению с обычной системой интервального регулирования). Как и предыдущие системы, здесь используется собственная опорная радиосеть приемопередатчиков.

### Система взаимодействия с локомотивом посредством цифровой технологической радиосвязи (СВЛТР)

Система взаимодействия с локомотивом на основе цифровой технологической радиосвязи осуществляет передачу информации с локомотива по каналам беспроводной связи Tetra и GSM.

Система создавалась как составная часть комплекса БЛОК, сочетающего в себе функции КЛУБ-У и САУТ-ЦМ/485, которым оснащаются новые электровагоны, такие как 2ЭС6, 2ЭС10 и др. Новому комплексу безопасности требовалась подсистема осуществляющая передачу с локомотива координат, скорости движения, телеметрии и прием локомотивом ответственных данных в движении. СВЛТР удовлетворяет этим запросам.

В настоящее время системой на основе комплекса СВЛТР оборудован ряд электровагонов 2ЭС6 производства ОАО «Синара» [7]. Такое решение позволяет отслеживать местоположение практически всего парка электровагонов и их техническое состояние. Расчет текущего местоположения осуществляется при помощи систем навигации ГЛОНАСС/GPS, передача данных в стационарную систему обработки информации ведется по каналам беспроводной передачи данных форматов Tetra и GSM.

Стационарные автоматизированные рабочие места системы накапливают базу данных о состоянии локомотивов за весь период их работы, позволяя отслеживать историю их состояния, получать подробные данные о неисправностях, автоматически формировать задания на проведение техобслуживания и ремонта при заходе машин в депо.

Составные части системы СВЛТР размещены в каждой секции локомотива и одинаковы по своему составу для каждой секции [7]. Система СВЛТР передает на базовую станцию следующую информацию: параметры движения поезда, информацию о состоянии локомотива, информацию от АЛС или КЛУБ-У и локомотивных систем (САУТ-ЦМ/485, САУТ-ЦМ/НСП, МПСУиД), данные о состоянии состава.

Взаимодействие между системой СВЛТР и системами локомотива идет по CAN-интерфейсу через блок TDP-M на основе блоков

данных, состоящих из сообщений, адресованных для локомотива, или сообщений, адресованных базовой станции системы. На рис. 4 приведена структурная схема системы СВЛТР.

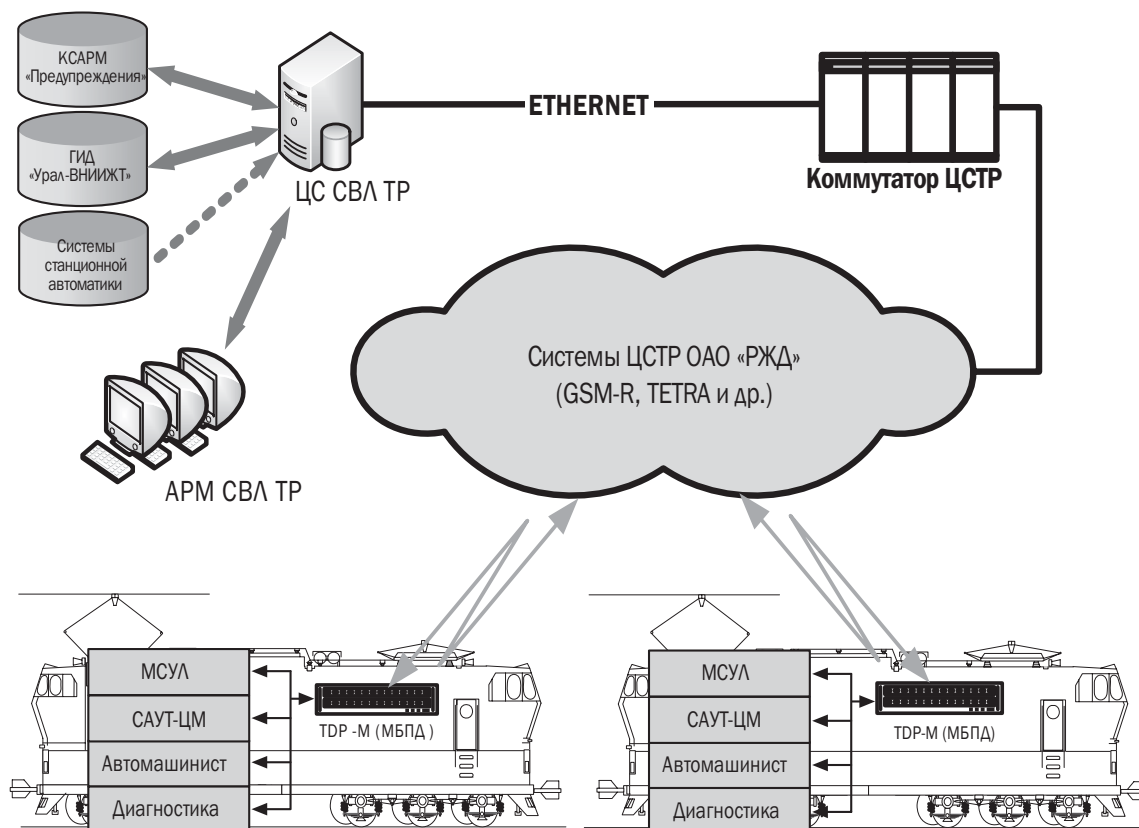


Рис. 4. Структурная схема СВЛТР

Базовая станция системы циклично передает запросы, ответом на эти запросы служит информация о параметрах движения локомотива, текущем состоянии его оборудования. В системе СВЛТР реализован принцип двухстороннего обмена информацией между базовой станцией и локомотивом [7].

Данные, передаваемые от базовой станции СВЛТР на локомотив: индекс и номер состава; число осей и масса поезда; предупреждения об ограничении допустимой скорости на участке движения поезда; передача сообщения с требованием принудительной остановки состава в случае экстренной или аварийной поездной ситуации; время хода поезда по перегону.

Данные, передаваемые с локомотива на базовую станцию: номер поезда; допустимая и текущая скорости движения для локомотива; текущая координата; показания локомотивного светофора; признак работы ЭПК локомотива; признак работы системы МПСУиД [7].



Информация, передаваемая от базовой станции, накапливается в блоке TDP-М и передается по мере необходимости.

Как и все рассмотренные системы, СВЛТР осуществляет передачу ответственных данных по защищенному радиоканалу. Но в отличие от них использует каналы беспроводной связи Tetra и GSM. То есть может использоваться существующая сеть радиовышек мобильных операторов и одновременно собственную технологическую радиосеть. Это ее основное преимущество перед остальными рассмотренными системами. Система получила широкое распространение на новых локомотивах, идя в комплекте с комплексом БЛОК.

Итак, современные системы передачи информации с локомотивного подвижного состава в большинстве случаев используют стандарт передачи данных GSM, т. е. существующую сеть радиовышек мобильных операторов либо собственную технологическую радиосеть, состоящую из радиоретрансляторов и локомотивного приемопередатчика.

Можно разделить системы передачи информации с локомотивного подвижного состава на два типа: 1) использующиеся в качестве подсистем комплексных устройств безопасности (КЛУБ, БЛОК); 2) использующиеся в новых системах интервального регулирования (АЛСР, «Синтера»).

Благодаря современным системам можно организовать не только передачу по радиоканалу телеметрии с устройств локомотива, но и управление некоторыми его функциями (автостопное торможение в системе СВЛ-ТР, возможность организации дистанционного автоматизированного управления тепловозом с носимого пульта в системе «Дуплекс»).

Эффект от использования: повышение безопасности движения поездов путём передачи по радиоканалу информации о маршруте движения поезда по неcodируемым путям станции с дополнением данными о показаниях выходных светофоров и положении стрелок; организация контроля за работоспособностью локомотивных устройств безопасности и управления и напольных технических средств в режиме реального времени; повышение эксплуатационных параметров тягового подвижного состава путём диагностики и оперативного информирования ремонтного персонала пунктов технического обслуживания о текущем состоянии оборудования; создание предпосылок к переходу от существующей планово-предупредительной системы ремонтов к ремонтам по фактическому состоянию отдельных комплексов, сборочных единиц, узлов и деталей.

## Литература

1. Тильк И. Г. АЛС с использованием радиоканала // Автоматика, связь, информатика. 2010. № 7. С. 12–13. ISSN 0005-2329.
2. ОАО МКБ Компас продукция: официальный сайт производителя URL: <http://www.mkb-kompas.ru> (дата обращения: 20.09.14).
3. НПЦ Промэлектроника: продукция : официальный сайт производителя. URL: <http://www.npcprom.ru> (дата обращения: 20.09.14).
4. Тильк И. Г. Системы интервального регулирования движения поездов // Автоматика, связь, информатика. 2008. № 11. С. 10–11. ISSN 0005-2329.
5. НПЦ Промэлектроника: продукция : официальный сайт производителя URL: <http://www.npcprom.ru> (дата обращения: 20.09.14).
6. Венцевич Л. Е. Локомотивные устройства обеспечения безопасности движения поездов и расшифровка информационных данных их работы : учеб. для учащихся образовательных учреждений ж.-д. транспорта, осуществляющих профессиональную подготовку. — М. : Маршрут, 2006. 152 с.
7. Технические условия 08Б.01.00.00–01 ТУ–2010. Система взаимодействия АСУЖТ с локомотивом посредством систем цифровой радиосвязи (СВЛ ТР). — Екатеринбург, 2010. 53 с.

## Повышение эффективности функционирования эксплуатационного вагонного депо на основе комплексной оценки

---

С. Г. Казакова (научный руководитель – Н. Ф. Сирина, д-р техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



История железных дорог России — это история постоянного развития и совершенствования, причем не только железа и технологических процессов, но и системы организации управления и экономики.

Реформирование железнодорожного транспорта, проводимое в соответствии со Стратегией развития железнодорожного транспорта до 2030 года, направлено на совершенствование перевозочного процесса, эксплуатации, содержания инфраструктуры и подвижного состава.

В рамках государственного регулирования тарифов на услуги, предоставляемых холдингом ОАО «РЖД» на этапе рыночной экономики, произошли серьезные преобразования в области вагонного хозяйства: переход вагонного парка в категорию частного, разделение на эксплуатационный и вагоноремонтный комплексы, развитие операторской деятельности, изменение взаимоотношений не только между транспортным и его пользователями, но и в значительной степени между подразделениями входящих в ОАО «РЖД».

Изменившиеся производственные, организационно-экономические отношения требуют разработки и внедрения системы анализа, оценки, а также прогнозирования изменений и управления процессами технического обслуживания вагонов, учитывающей внутреннее и внешнее влияние. Необходимо создание механизмов

организации эксплуатационного депо, адаптированных к изменениям внешней и внутренней сред и позволяющих адекватно описывать процессы его функционирования в новых социально-экономических условиях и своевременно принимать в реальном времени решения, повышающие эффективность эксплуатационного депо.

При проведении анализа развития железнодорожного транспорта в этапы плановой и рыночной экономики проанализирована научная литература по теоретическим основам организации железнодорожного транспорта, оптимизации управленческих решений и построения организационных структур управления, влияния гибкости и адаптивности производства на сохранение и развитие предприятия в условиях конкуренции таких авторов, как В. И. Галахов, В. И. Гридюшко, П. А. Болотин, В. В. Цыганов.

Современное состояние железнодорожного транспорта характеризуется рядом серьезных проблем:

уровень эффективности железнодорожного транспорта, ассортимент и качество услуг не в полной мере отвечает требованиям складывающейся экономической ситуации;

совмещение функций хозяйственной деятельности и государственного регулирования тарифов на услуги, предоставляемых холдингом ОАО «РЖД», сдерживает развитие рыночных отношений в отрасли и препятствует развитию конкурентной среды;

эффективность системы государственного регулирования деятельности железнодорожного транспорта недостаточна (система регулирования тарифов недостаточно гибка и стабильна, изменения в уровне тарифов отличаются низкой прогнозируемостью, высокая степень износа основных фондов отрасли в условиях роста спроса на перевозки создает опасность потери технологической устойчивости железнодорожного транспорта) [1, 2].

Более чем за 80-летнюю историю развития вагонного хозяйства сложилась специфическая организационно-экономическая культура, сформировалась тенденция к самообеспечению, что повлияло на организацию и управление вагонным хозяйством.

В этап плановой экономики организация базировалась на иерархической, высокоцентрализованной, жестко регламентированной управленческой структуре.

С реструктуризацией вагонного хозяйства сменились методы и структура его управления.

Возрос объем информации, подлежащей анализу и переработке на эксплуатационном вагонном депо (ВЧДЭ), для выработки эффек-

тивных решений. Время, отводимое на анализ производственной информации и принятие решений, объективно сокращается.

Во многих случаях лицу, принимающему решение (ЛПР), приходится действовать интуитивно, без обоснованных прогнозов развития ситуации.

При этом традиционные показатели деятельности ВЧДЭ далеко не всегда нужны для анализа хозяйствования; руководители часто не имеют объективных критериев выбора решений. Такая ситуация может привести к значительным экономическим и иным потерям.

Необходимы разработка и внедрение системы анализа, оценки, прогнозирования изменений и управления процессами технического обслуживания вагонов с учетом внутреннего и внешнего влияния.

Такая система должна быть нацелена на решение постоянно возникающих управленческих задач, к которым относятся: оценка выполнения плановых заданий, анализ статистической информации, количественный и качественный контроль производственной деятельности, выборка эффективных решений.

Для реализации поставленных задач необходима постоянная адаптация технического обслуживания вагонов к условиям функционирования.

Это возможно на основе применения механизмов управления, адаптированных к изменениям внешней и внутренней сред.

Применение адаптивных механизмов управления позволяет учитывать перспективы и последствия принимаемых решений в процессе функционирования эксплуатационного депо.

Механизмы управления — это совокупность правил и процедур прогнозирования (учет, анализ и оценка состояния), планирования (плановые задания на техническое обслуживание (ТО) вагонов), стимулирование (контроль ТО для выявления отклонений от установленных нормативов).

К механизмам управления относятся адаптивные механизмы оценки и ранжирования ВЧДЭ. Их применение обеспечивает прозрачность информационных и финансовых потоков ВЧДЭ [3].

Адаптивный оценочный механизм (АОМ) осуществляет количественную оценку выхода ВЧДЭ. Количественная оценка формируется путем определения степени соответствия функционирования адаптивным нормативам. В АОМ  $\Sigma_E = (X, E)$  на основе текущего норматива  $x_t$  и функционирования ВЧДЭ  $y_t$  определяется адаптивный норматив  $x_{t+1}$  на следующий период:  $(t + 1) x_{t+1} = X(x_t, y_t)$ , где  $X(x_t, y_t)$  — процедура адаптивного нормирования  $t = 1, T$ ,  $x_t = x^1$ . Функциони-

вание ВЧДЭ  $y_t$  сопоставляется с нормативом  $x_t$ , и определяется количественная оценка ВЧДЭ  $e_t = E(x_t, y_t)$ , где  $E$  – процедура оценивания (рис. 1).

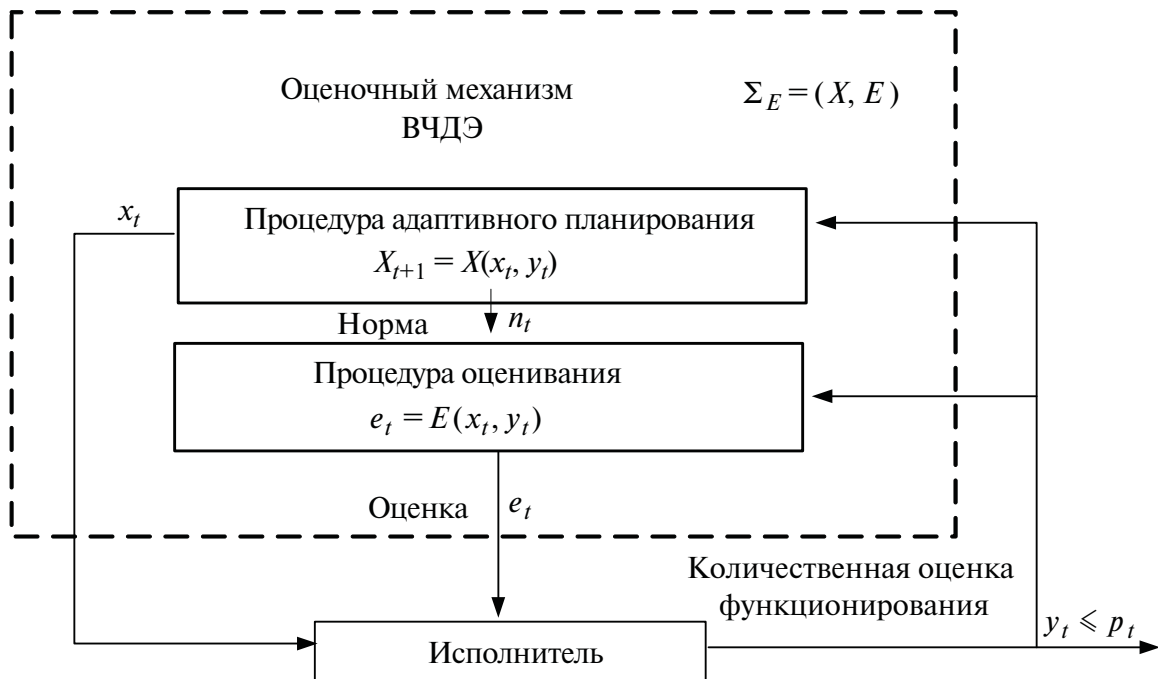


Рис. 1. Адаптивный оценочный механизм

Качественная оценка (ранг) функционирования ВЧДЭ формируется сопоставлением полученной в АЭМ оценки  $e_t$  с адаптивной нормой  $n_t$ . Качественная оценка (ранг) выхода эксплуатационного депо формируется в ранговом адаптивном механизме (РАМ) путем отнесения оценки  $e_t$ , полученной в АЭМ, к множеству  $\Delta_1$  или  $\Delta_2$  (причем  $\bigcup_{k=1}^2 \Delta_k = \Delta$ , где  $\Delta$  – множество возможных оценок) на основе процедуры ранжирования

$$r_t = R(n_t, e_t) = \begin{cases} 1 & \text{при } e_t \geq n_t; \\ 1 & \text{при } e_t < n_t, \end{cases}$$

где  $n_t$  – норма ранжирования ( $n_{t+1} = N(n_t, e_t)$ ).

Ранжирование связано с некоторыми потерями: завышение выхода (ошибочное отнесение выхода  $\Delta_2$  к  $\Delta_1$ ); занижение выхода (ошибочное отнесение выхода  $\Delta_1$  к  $\Delta_2$ ).

Для ранжирования ВЧДЭ необходимо минимизировать потери ранжирования. Минимизируется средний финансовый риск, оценивающий качество ранжирования выходов:



$$J(c) = \sum_{k=1}^2 \int_{\Delta_k} F_k(c, e) q(e) d(e) \xrightarrow{c} \min.$$

Условие минимума среднего финансового риска имеет вид

$$M_e \left\{ \sum_{k=1}^2 F_k(c, e) \frac{dF_k(c, e)}{dc} \right\} = 0; \quad F_k(c, p) = \begin{cases} 1 & \text{при } p \in \Delta_k; \\ 0 & \text{при } p \notin \Delta_k. \end{cases}$$

РАМ минимизируют средний финансовый риск с помощью последовательности, что дает возможность качественной характеристики исполнителя на основе результатов выполнения им плана (рис. 2).

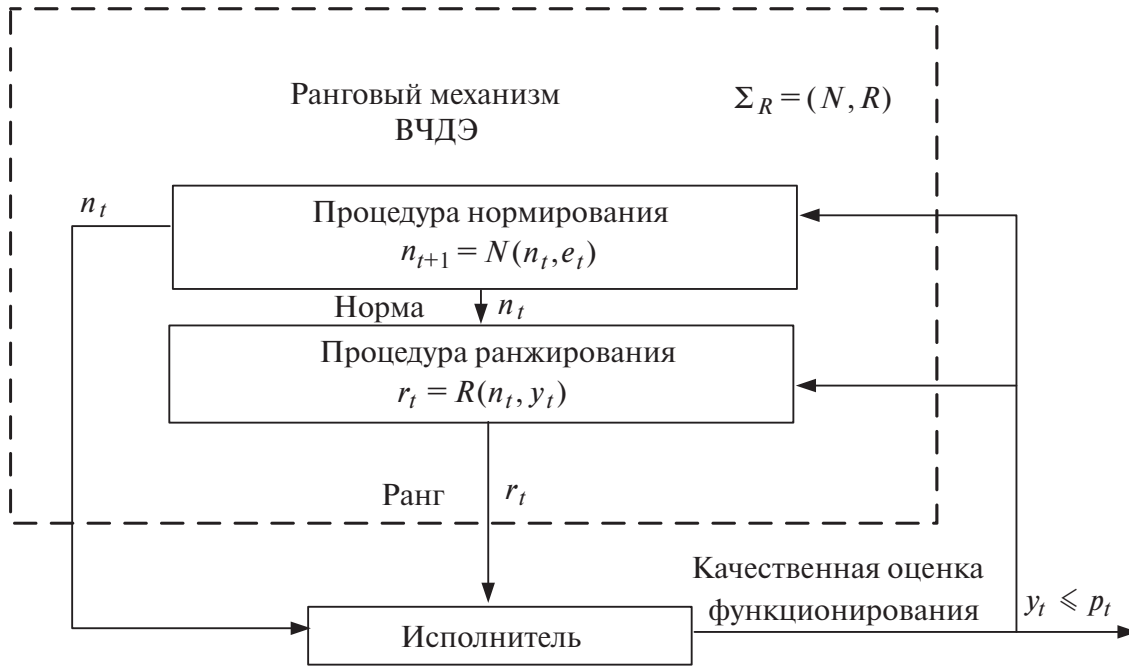


Рис. 2. Ранговый адаптивный механизм

Адаптивный механизм оценки и ранжирования (АМОР) позволяет последовательно определять количественную и качественную оценки ВЧДЭ.

В АМОР функционирование ВЧДЭ  $y_t$  сопоставляется с нормативом  $x_t$  и определяется оценка ВЧДЭ  $e_t$ . На основе оценки  $e_t$  корректируется норма ранжирования  $n_{t+1}$ , используемая для определения ранга  $r_{t+1}$ . Непрерывная настройка нормативов оценивания и норм ранжирования обеспечивает адаптивность АМОР (рис. 3).

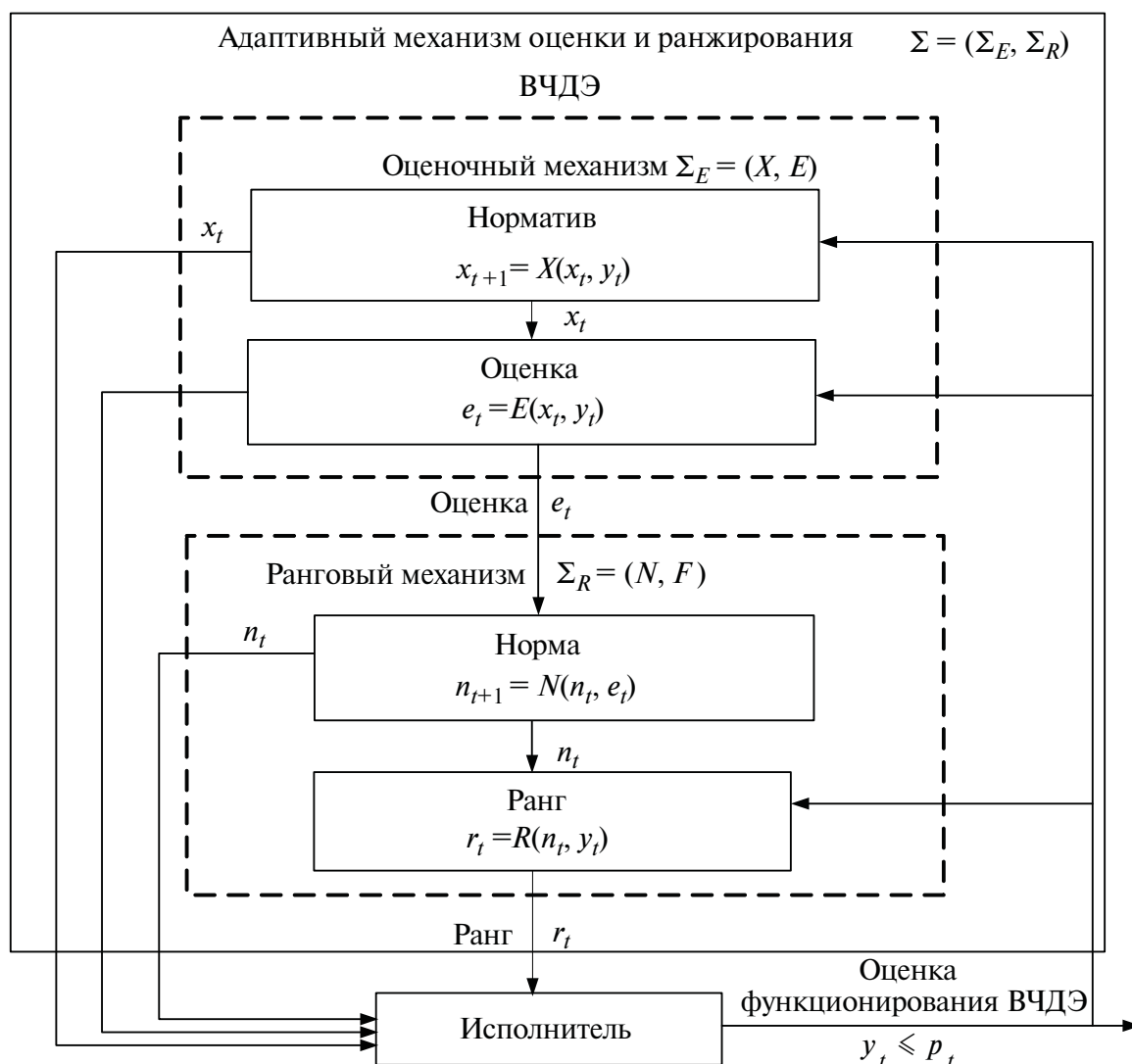


Рис. 3. Адаптивный механизм оценки и ранжирования

Использование адаптивных механизмов позволяет дать объективную оценку работы ПТО. Это позволит эффективнее использовать технические и трудовые ресурсы, повысить экономическую ответственность и заинтересовать работников в улучшении финансово-экономических результатов работы предприятия [4].

На основе адаптивных механизмов организации разработана комплексная оценка ВЧДЭ, которая представляет собой сложную иерархическую процедуру. Эта оценка проектируется на основе общего подхода сбалансированных показателей и методологией построения АМОР. Она обеспечивает орган управления информацией об объектах оценивания и используется для принятия управленческих решений, чем повышается финансовая устойчивость и конкурентоспособность ВЧДЭ.



Основные принципы комплексной оценки: согласованность с существующей практикой, непрерывность развития и совершенствование, использование выявленных резервов, учет перспективы, автоматизируемость и количественный характер оценки, комплексность.

Особенностью комплексной оценки ВЧДЭ: совокупность оценок деятельности всех предприятий, входящих в состав ВЧДЭ (пунктов технического обслуживания (ПТО), пунктов технической передачи вагонов (ПТПВ), пунктов опробования тормозов (ПОТ), механизированных пунктов ремонта вагонов (МПРВ)) (рис. 4).

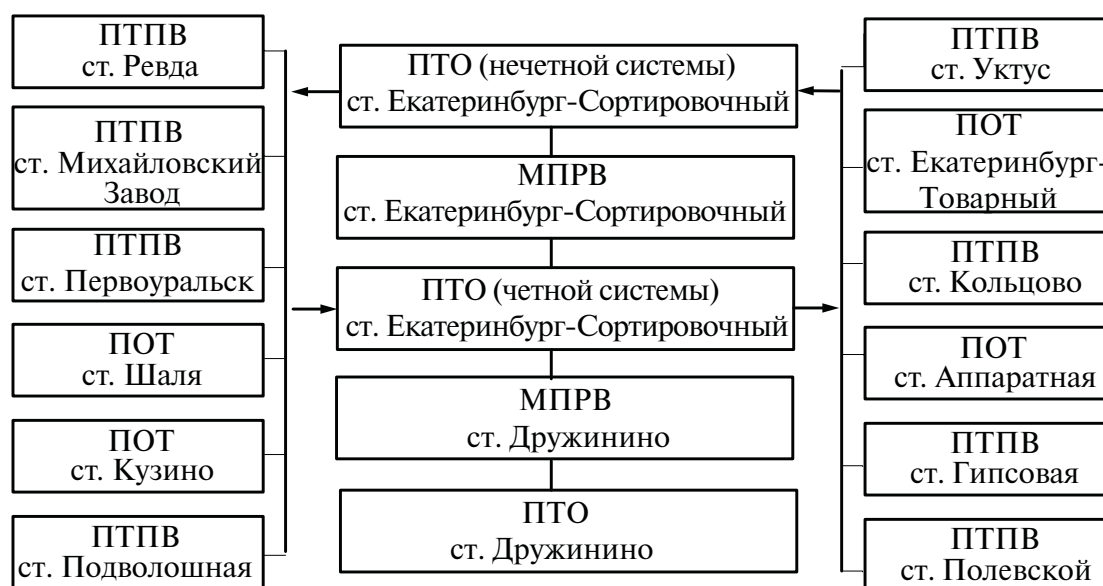


Рис. 4. Структура ВЧДЭ Свердловск-Сортировочный

В результате построения комплексной оценки ВЧДЭ определяются комплексные оценки каждого предприятия, входящего в состав ВЧДЭ.

Комплексная оценка для каждого предприятия формируется в два этапа. Сначала выбираются первичные показатели, задается эталонное состояние (показатели, имеющие количественную определенность, достоверность и однозначность измерений).

На втором этапе формирования комплексной оценки первичные показатели группируются по областям деятельности (кадры, финансы, производственная область (рис. 5)).

Показатели финансовой области относятся к числу наиболее распространенных. Использование показателей вытекает из наличия в хозяйстве товарного производства и товарного обращения, товарно-денежных отношений. В денежном измерении выражаются,

естественно, оптовый и розничный объемы продаж, издержки обращения, прибыль. Финансовый измеритель вытекает из экономической сущности перечисленных категорий.

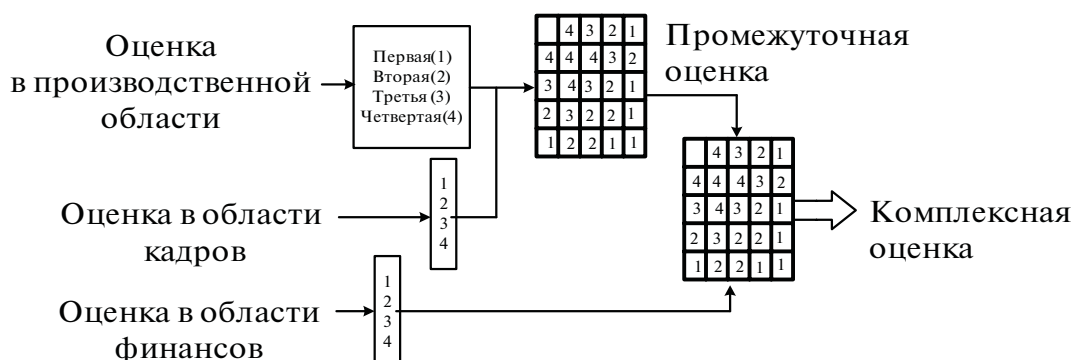


Рис. 5. Формирование комплексной оценки по областям деятельности

Показатели в области кадров используются в плановой и учетно-аналитической практике организаций всех отраслей. Особенно они необходимы для контроля трудовых ресурсов.

Показатели производственной области представляют собой первичное отражение хозяйственных явлений и процессов с точки зрения их объема, состава и т. д, величины оборотных средств, издержек обращения, дохода.

В каждой группе показателей деятельности предприятия формируется обобщенная упорядоченная оценка степени реализации производственным коллективом группы задач в конкретной выделенной области деятельности.

Сформированные оценки в каждой области деятельности предприятия группируются в промежуточные оценки с помощью матрицы свертки (МС), представляющей собой таблично заданную функцию. Комплексная оценка предприятия формируется путем группирования промежуточных оценок.

Для формирования комплексной оценки ВЧДЭ полученные комплексные оценки предприятий (ПТО, ПТПВ, ПОТ, МПРВ) группируются путем обобщения полученных оценок каждого предприятия (рис. 6).

Разработка комплексной оценки ВЧДЭ базируется на непрерывной настройке нормативов оценивания и норм ранжирования, позволяет анализировать производственно-хозяйственную деятельность ВЧДЭ в реальном времени, определять степень соответствия состояния предприятия стоящим перед ним задачам.

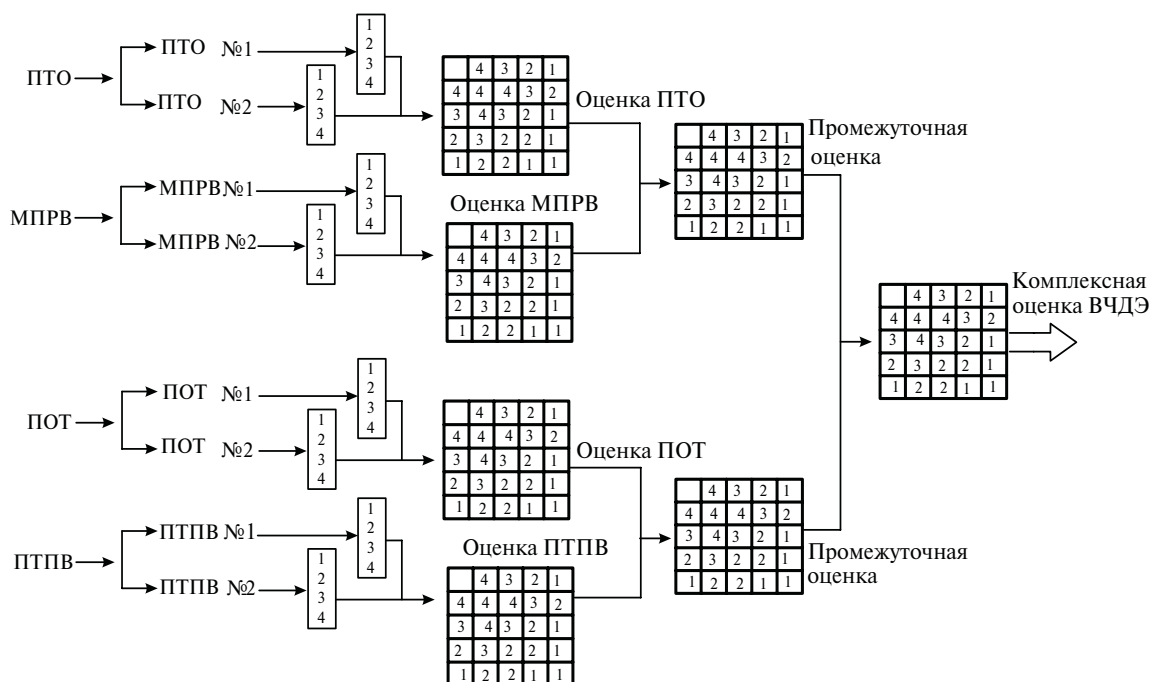


Рис. 6. Формирование комплексной оценки ВЧДЭ

Комплексная оценка обеспечивает орган управления (ВЧДЭ) информацией об объектах оценивания (ПТО, ПТПВ, ПОТ, МПРВ). Эта информация используется для принятия управленческих решений, чем повышается финансовая устойчивость и конкурентоспособность ВЧДЭ.

Применение комплексной оценки позволяет не только определять оценку деятельности предприятия по множеству показателей, но и повышать эффективность деятельности ВЧДЭ, а также разрабатывать предложения по использованию выявленных резервов в процессе хозяйственной деятельности эксплуатационного депо.

## Литература

1. Шафиркин В. Б. Совершенствование управления перевозками // Железнодорожный транспорт. 2000. № 3. С. 40–46. ISSN 0044-4448.
2. Беседин И. С. Проблемы обоснования стратегии развития железнодорожного транспорта и определение его потенциала // Транспорт : наука, техника, управление. РАН ВИНТИ, 2003. Вып. 3. С. 4–6. ISSN 0236-1914.
3. Сарычева С. Г. Современные проблемы транспортного комплекса России : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Рахмангулова.

Вып. 2. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г. И.Носова, 2012. С. 218–220. ISSN 2222-9396.

4. Сирина Н. Ф. Организация вагоноремонтного производства на основе адаптивных механизмов // Транспорт Урала, 2008. № 4. С. 10–14. ISSN 1815-9400.
5. Сирина Н. Ф. Адаптивные механизмы развития вагонного хозяйства : М. : Мир транспорта, 2006. № 3. С. 86–91.
6. Цыганов В. В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении : М. : Наука, 1991. 166 с.

## Один способ распараллеливания численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, встречающихся на практике при моделировании течений газа

---

П. А. Козлов (научный руководитель – С. П. Баутин, д-р физ.-мат. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



### Введение

Существуют сложные системы обыкновенных дифференциальных уравнений (СОДУ). На практике встречаются настолько сложные СОДУ, что их решение не удаётся записать в аналитическом виде — его можно найти численно, с использованием вычислительной техники.

Нелинейность СОДУ накладывает требования на алгоритмы, применяемые при программировании численного решения СОДУ; иногда разностные методы решения не дают требуемой точности.

В работах С. П. Баутина, В. Е. Замыслова предложен метод, в котором искомые функции представляются в виде бесконечных сумм тригонометрических рядов (в математике обычно применяются для линейных уравнений) [1, 2]. Выписывается СОДУ для коэффициентов из этих рядов. Формально требуется решить СОДУ, состоящую из бесконечного количества дифференциальных уравнений (ДУ) в частных производных. Но эта СОДУ усекается до конечного количества ДУ, примерно до  $10^2$ — $10^4$ . Решение системы из такого большого количества уравнений нужно запрограммировать с применением параллельных алгоритмов для многопроцессорных суперкомпьютеров.

## Задача Коши для полной системы уравнений Навье – Стокса

Поставлена задача математического моделирования сложных течений жидкости и газа.

Рассматривается полная система уравнений Навье – Стокса, решения которой описывают течения сжимаемого вязкого теплопроводного идеального газа. ПСУНС, записанная в безразмерных переменных, в том числе через  $\delta$  и  $p$ , в случае общих трехмерных пространственных течений имеет следующий вид:

$$\frac{\partial \delta}{\partial t} + V \cdot \nabla \delta - \delta \operatorname{div} V = 0,$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (V \cdot \nabla)V + \frac{1}{\gamma} \delta \nabla p = \mu_0 \delta \left[ \frac{1}{4} \nabla (\operatorname{div} V) + \frac{3}{4} \Delta V \right],$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + V \cdot \nabla p + \gamma p \operatorname{div} V = \kappa_0 p \Delta \delta + 2\kappa_0 \nabla \delta \cdot \nabla p + \kappa_0 \delta \Delta p + \Phi(\mu_0, V);$$

плотность, температура и внутренняя энергия задаются такими равенствами:  $\rho = 1/\delta$ ,  $T = \delta p$ ,  $\Phi(\mu, V)$  – диссипативная функция. Иначе говоря,  $V$  – вектор скорости газа,  $\rho$  – плотность,  $p$  – давление,  $\delta = 1/\rho$  – удельный объём,  $T = \delta p$  – температура.

Эта ПСУНС, записанная в безразмерных переменных, в одномерном случае выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} \delta_t + u \delta_x - \delta u_x = 0, \\ u_t + uu_x + \frac{1}{\gamma} \delta p_x = \mu_0 \delta u_{xx}, \\ p_t + up_x + \gamma p u_x = \kappa_0 (\delta p)_{xx} + \mu_0 \gamma (\gamma - 1) u_x^2. \end{cases}$$

Если полученную систему записать в нормальном виде – виде, разрешенном относительно производных по времени, то получается система

$$\begin{cases} \delta_t = \delta u_x - u \delta_x; \\ u_t = -u u_x - \frac{1}{\gamma} \delta p_x + \mu_0 \delta u_{xx}; \\ p_t = -u p_x - \gamma p u_x + \kappa_0 p \delta_{xx} + 2\kappa_0 p_x \delta_x + \kappa_0 \delta p_{xx} + \mu_0 \gamma (\gamma - 1) u_x^2, \end{cases} \quad (1)$$

для которой на отрезке от  $x = -\pi$  до  $x = \pi$  задаются начальные условия в следующем формальном виде:

$$\begin{cases} \delta|_{t=0} = \delta^o(x) = 1 + \sum_{k=1}^{\infty} [\delta_{k,1}^o \cos kx + \delta_{k,2}^o \sin kx], \\ u|_{t=0} = u^o(x) = \sum_{k=1}^{\infty} [u_{k,1}^o \cos kx + u_{k,2}^o \sin kx], \\ p|_{t=0} = p^o(x) = 1 + p_0^o + \sum_{k=1}^{\infty} [p_{k,1}^o \cos kx + p_{k,2}^o \sin kx]. \end{cases} \quad (2)$$

Решение задачи (1), (2) описывает процесс стабилизации при времени  $t$ , стремящемся к бесконечности одномерного, периодически-го по пространственной переменной течения от начального неоднородного состояния (2) к состоянию однородного покоя.

С учетом вида начальных данных, решение задачи (1), (2) представляется в следующем формальном виде:

$$\begin{aligned} \delta(t, x) &= 1 + \sum_{k=1}^{\infty} [\delta_{k,1}(t) \cos kx + \delta_{k,2}(t) \sin kx], \\ u(t, x) &= \sum_{k=1}^{\infty} [u_{k,1}(t) \cos kx + u_{k,2}(t) \sin kx], \\ p(t, x) &= 1 + p_0(t) + \sum_{k=1}^{\infty} [p_{k,1}(t) \cos kx + p_{k,2}(t) \sin kx]. \end{aligned} \quad (3)$$

Тогда константы  $\delta_{k1}^o$ ,  $\delta_{k2}^o$ ,  $u_{k1}^o$ ,  $u_{k2}^o$ ,  $p_0^o$ ,  $p_{k,1}^o$ ,  $p_{k,2}^o$  определяют значения коэффициентов представлений (3) в начальный момент времени:

$$\begin{aligned}
\delta_{k1}(t)|_{t=0} &= \delta_{k1}^o, \delta_{k2}(t)|_{t=0} = \delta_{k2}^o, \\
u_{k1}(t)|_{t=0} &= u_{k1}^o, u_{k2}(t)|_{t=0} = u_{k2}^o, \\
p_0(t)|_{t=0} &= p_0^o, \\
p_{k1}(t)|_{t=0} &= p_{k1}^o; p_{k2}(t)|_{t=0} = p_{k2}^o,
\end{aligned} \tag{4}$$

где  $k = 1, 2, \dots$

### Получение системы обыкновенных дифференциальных уравнений

Чтобы получить уравнения для коэффициентов  $\delta_{k1}(t)$ ,  $\delta_{k2}(t)$ ,  $u_{k1}(t)$ ,  $u_{k2}(t)$ ,  $p_0(t)$ ,  $p_{k1}(t)$ ,  $p_{k2}(t)$ , представления (3) подставляются в систему (1) и проецируются на базисные функции.

ДУ для коэффициентов  $\delta'_{\ell,1}(t)$  представлений (3) имеет следующий вид (здесь  $l = 1, 2, \dots$ ):

$$\begin{aligned}
\delta'_{\ell,1}(t) &= \ell u_{\ell,2}(t) + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{km\ell} m \delta_{k,1}(t) u_{m,2}(t) - \\
&- \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{km\ell} m \delta_{k,2}(t) u_{m,1}(t) - \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_{km\ell} m \delta_{k,1}(t) u_{m,2}(t) + \\
&+ \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_{km\ell} m u_{k,2}(t) \delta_{m,1}(t).
\end{aligned}$$

Для остальных коэффициентов ДУ не выписываем в силу громоздкости представлений.

Систему ОДУ для этих коэффициентов можно решить численно с необходимой точностью, оставив нужное число слагаемых, отбросив остальные. Получающееся число уравнений:  $3 \cdot K + 1$ , где  $K$  — число слагаемых тригонометрических рядов. Для необходимой точности нужно взять  $K$  от 100 до 500; таким образом, СОДУ состоит примерно из 1000—5000 уравнений.



Параллельная программа для простой СОДУ.

Распараллеливание численного решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, строящегося по методу Рунге – Кутты

Модель распараллеливания: имеется управляющий процессор, осуществляющий приём и передачу данных, и процессоры, считающие каждый своё уравнение системы.

Необходима система с  $N + 1$  процессорами, где  $N$  – количество уравнений в решаемой СОДУ.

Написана программа для многопроцессорного компьютера, решающая СОДУ по методу Рунге – Кутты.

Для тестирования и отладки программы мной был собран вычислительный кластер из десяти ПК, соединённых в сеть витой парой через коммутатор (рис. 1), каждый ПК играет роль отдельного процессора суперкомпьютера.

Для осуществления параллельных вычислений использовалась библиотека MPI.

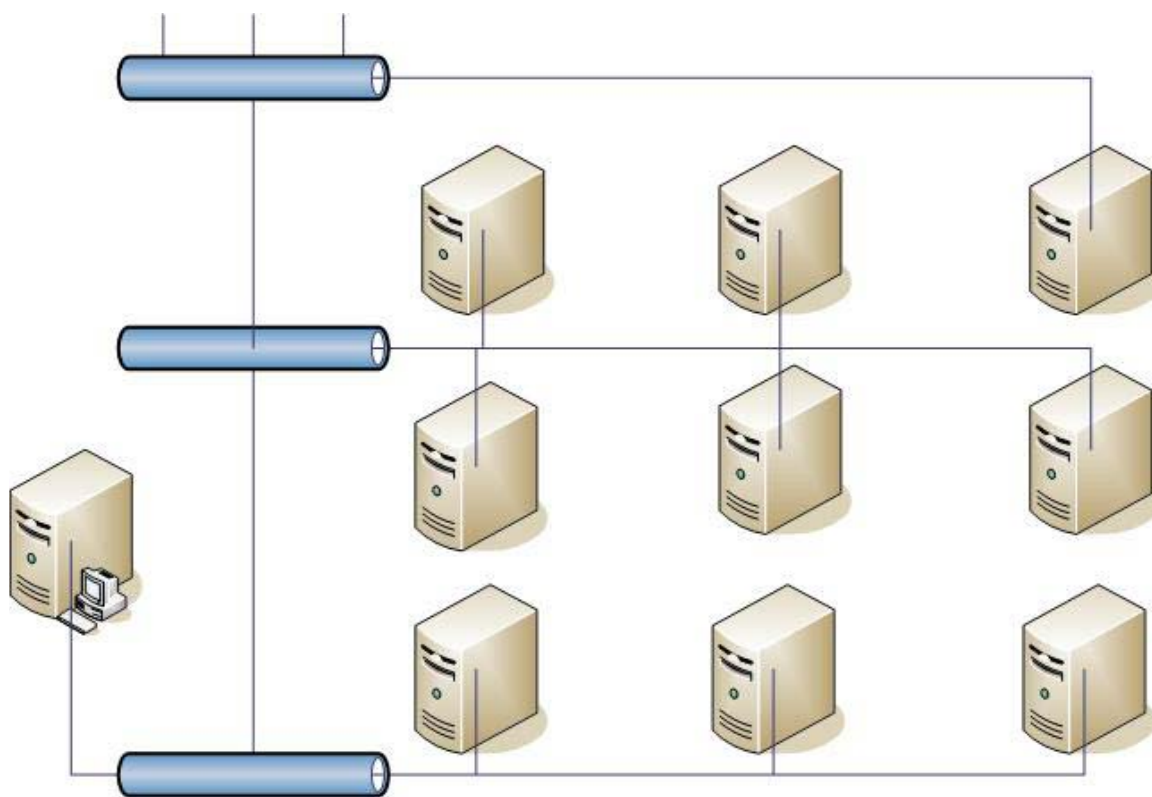


Рис.1. Схема соединения процессоров

Для проверки правильности работы программы рассматривалась система обыкновенных дифференциальных уравнений и задача Коши следующего вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1' = -y_2 + 0 y_3 + 0 y_4, \\ y_2' = y_1 + 0 y_3 + 0 y_4, \\ y_3' = -y_4 + 0 y_1 + 0 y_2, \\ y_4' = y_3 + 0 y_1 + 0 y_2, \\ y_1(0) = 1, \\ y_2(0) = 0, \\ y_3(0) = 1, \\ y_4(0) = 0. \end{array} \right.$$

Эта задача Коши имеет точное решение:

$$y_1(x) = y_3(x) = \cos(x), y_2(x) = y_4(x) = \sin(x).$$

Программа писалась на языке C++ с использованием библиотеки MPI и считалась на кластере из десяти узлов. В описываемой программе параллельно выполняется пять процессов, каждый процесс на своём узле (задействованы пять узлов из десяти).

Первая программа написана с использованием метода ломаных Эйлера. Последовательный вариант программы представлен на рис. 2.

Параллельная программа в этом случае отличается тем, что блок вычисления значения функции на следующем шаге, где вычисляются  $y_{1n}, y_{2n}, y_{3n}, y_{4n}$ , распараллеливается на четыре узла (процессора) и каждое значение  $y_{Nn}$  вычисляется на процессоре номер  $N$ .

Вырезка из параллельной программы:

```
...
//Процессор № rank принимает данные от процессора 0,
// дожидается сообщения и помещает его в буфер
MPI_Recv(y,ELEMS(y),MPI_FLOAT,0,tagFloatData,MPI_COMM_
WORLD,&status);
MPI_Get_count(&status,MPI_FLOAT,&count);

if(rank == 1) f[0] = (-y[2] + 0 · y[3] + 0 · y[4]);
if(rank == 2) f[0] = (y[1] + 0 · y[3] + 0 · y[4]);
if(rank == 3) f[0] = (-y[4] + 0 · y[1] + 0 · y[2]);
if(rank == 4) f[0] = (y[3] + 0 · y[1] + 0 · y[2]);
f[0] = y[rank] + h · f[0];
count = 1; // сколько элементов массива отправляем
```

MPI\_Send(f,count, MPI\_FLOAT, 0, tagFloatData, MPI\_COMM\_WORLD);

...

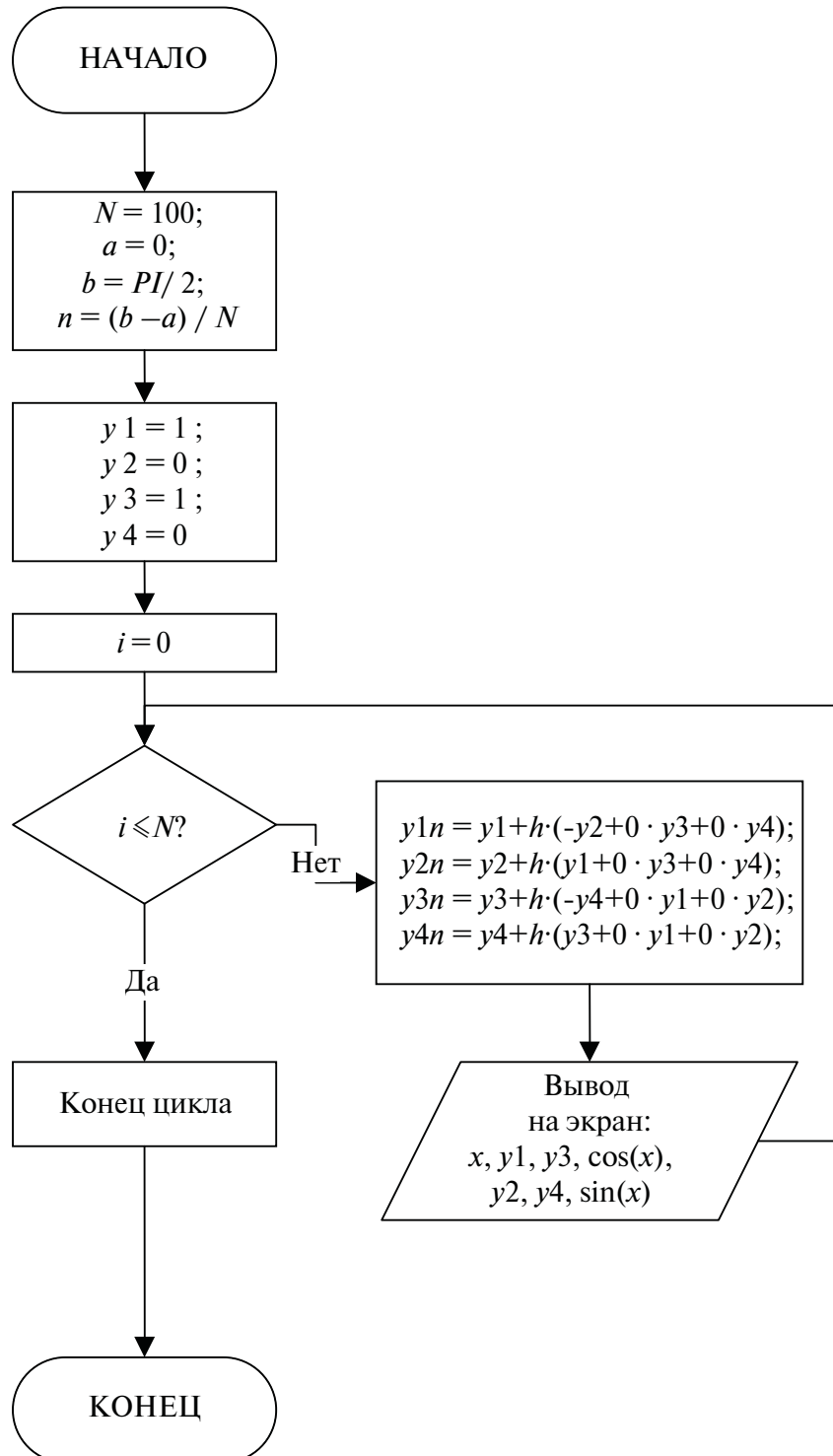


Рис.2. Блок-схема последовательного варианта.  
Метод ломаных Эйлера

В приведенном фрагменте программы указан процесс вычисления очередного шага при решении СОДУ на вычислительном кластере с использованием пяти узлов по методу ломанных Эйлера. Отличие метода Рунге – Кутты от метода Эйлера в параллельном варианте заключается в том, что для вычисления коэффициентов  $k_i$  выделяется отдельный шаг, на котором каждый узел (процессор) считает коэффициент для своей функции  $yNn$ , где  $N$  – номер процессора. Для экономии места полный текст реализации параллельного метода Рунге – Кутты не приводится.

Результаты вычисления и сравнение их с точными значениями функций, для аргумента  $x$  на промежутке от  $\frac{\pi}{6}$  до  $\frac{\pi}{4}$  (таблица).

$x$	$y1(x)$	$y3(x)$	$\cos(x)$	$y2(x)$	$y4(x)$	$\sin(x)$
0,53407100	0,85635300	0,85635300	0,86074200	0,52472100	0,52472100	0,50904100
0,54977900	0,84811100	0,84811100	0,85264000	0,53817200	0,53817200	0,52249900
0,56548700	0,83965700	0,83965700	0,84432800	0,55149400	0,55149400	0,53582700
0,58119500	0,83099400	0,83099400	0,83580700	0,56468400	0,56468400	0,54902300
0,59690300	0,82212400	0,82212400	0,82708100	0,57773700	0,57773700	0,56208300
0,61261100	0,81304900	0,81304900	0,81815000	0,59065100	0,59065100	0,57500500
0,62831900	0,80377100	0,80377100	0,80901700	0,60342200	0,60342200	0,58778500
0,64402700	0,79429300	0,79429300	0,79968500	0,61604800	0,61604800	0,60042000
0,65973400	0,78461600	0,78461600	0,79015500	0,62852400	0,62852400	0,61290700
0,67544200	0,77474300	0,77474300	0,78043000	0,64084900	0,64084900	0,62524300
0,69115000	0,76467700	0,76467700	0,77051300	0,65301900	0,65301900	0,63742400
0,70685800	0,75441900	0,75441900	0,76040600	0,66503000	0,66503000	0,64944800
0,72256600	0,74397300	0,74397300	0,75011100	0,67688100	0,67688100	0,66131200
0,73827400	0,73334000	0,73334000	0,73963100	0,68856700	0,68856700	0,67301300
0,75398200	0,72252400	0,72252400	0,72896900	0,70008600	0,70008600	0,68454700
0,76969000	0,71152700	0,71152700	0,71812600	0,71143600	0,71143600	0,69591300
0,78539800	0,70035200	0,70035200	0,70710700	0,72261200	0,72261200	0,70710700

## Заключение

На данном этапе создан инструмент, при помощи которого в дальнейшем будет проводиться численное решение очень больших СОДУ, описывающих течения вязкого теплопроводного газа.

Выполнять программу для этих расчётов предполагается на суперкомпьютере ЮУрГУ (г. Челябинск).

Тестовый расчёт проведен, результаты вычисления совпали с известным аналитическим решением с нужной точностью.

Консультация со специалистами лаборатории в ЮУрГУ подтвердила правильность составления программы.

Благодарю моего научного руководителя, доктора физико-математических наук, профессора, Сергея Петровича Баутина за всестороннюю поддержку в научной деятельности.

## Литература

1. Баутин С. П. Замыслов В. Е. Представление приближенных решений полной системы уравнений Навье — Стокса в одномерном случае // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17, № 3. С. 3—12. ISSN 1560-7534.
2. Баутин С. П. Замыслов В. Е. Одномерные периодические течения вязкого теплопроводного газа // Вестник УрГУПС. 2013. Т. 17, № 1(17). С. 4—13. ISSN 2079-0392.
3. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования: учебное пособие. — М. : БИНОМ. Лаборатория знания, 2013. 342 с. ISBN 978-5-9963-1616-8.
4. Корнеев В. Д. Параллельное программирование в MPI — М. — Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2003. 304 с. ISBN 5-8397-0239-0.

## Концептуальные положения функционально-ориентированного подхода к организации транспортировки в цепях поставок

---

А. В. Кондратьева (научный руководитель – А. В. Вохмянина, канд. техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



**П**оследовательное целенаправленное управление логистическим процессом охватывает различные сферы физического распределения. Взаимосвязь функций управления, т. е. реализация управленческого процесса осуществляется при помощи информационных потоков, проходящих последовательную обработку в соответствии с общими и частными задачами элементов

логистической цепи.

Несмотря на то, что упорядочение логистической цепи осуществляется относительно материального потока, который является основным в логистике, в процессе управления на него воздействует только функция организации. Финансовый поток характеризуется встречным направлением относительно материального потока и также преобразуется посредством функции организации. Информационные потоки присутствуют при реализации всех функций управления.

Анализ процесса управления запасами с выделением выходных и выходных потоков разной природы представлен на рис. 1. Функции управления представляют собой укрупненные блоки управленческих операций (из каждой функции можно выделить более конкретные действия).





Рассмотрим каждую из функций относительно функции транспортировки в цепях поставок.

*Планирование транспортировки в цепях поставок.* Задачей планирования логистики транспортировки является обоснование объема перевозимых товарно-материальных ценностей, находящихся в системе физического распределения и необходимых для бесперебойной ритмичной работы предприятий промышленности и торговли, а также обоснование размера резерва основных средств производства (подвижного состава, пропускной способности магистрали или терминала и т. п.) и кадрового резерва.

Элементы планирования параметров логистической функции «транспортировка в цепях поставок» приведены на рис. 2. Входом блока «Планирование» являются информационные потоки, характеризующие макро- и микросреду, окружающую логистическую систему или ее элемент. Микросреда логистического посредника характеризуется следующими данными: информация о потребителях содержит сведения об ассортименте продукции, объемах спроса на конкретный товар и транспортное обслуживание, уровне цен, характеристиках поставок и т. д.; информация о конкурентах — поставщиках аналогичных товаров и услуг — содержит оценку достоинств и недостатков и товаров и условий работы с потребителями; информация о рынке поставщиков товаров — качественные количественные и стоимостные характеристики средств производства и расходных материалов для реализации транспортного обслуживания, возможность льгот при оплате, условиях поставок и т. д.

### Обработка данных блока «1. Планирование»

Прогнозирование — обязательное условие интеграции элементов логистических цепей, так как на его основе осуществляется планирование и организация всех видов логистической деятельности. Прогнозирование — процесс вероятностного предсказания состояний системы в перспективе — использует качественные методы (построение прогнозов исходя из экспертных оценок [1]), методы динамических рядов (прогнозирование на основе показателей предыдущих периодов [2, 3]) и причинно-следственные методы (основаны на регрессионной оценке взаимосвязей между независимыми переменными и прогнозируемыми событиями [4]). Выход функции «Прогнозирование» — вероятностные состояния окружающей среды в будущем, характеризующиеся пространственными, ассортиментными, количественными, временными и стоимостными показателями. На их основе осуществляются программирование и планирование.



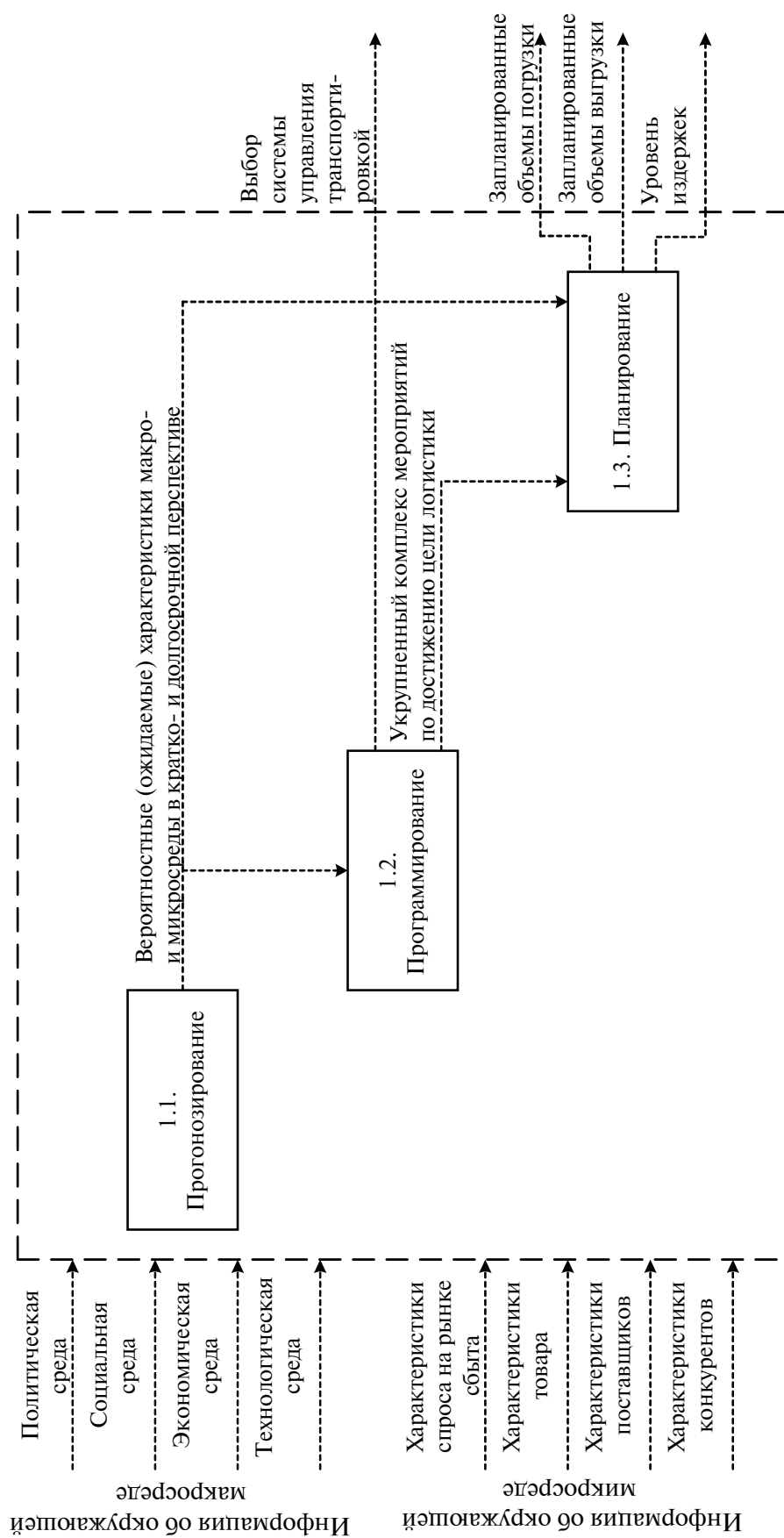


Рис. 2. Декомпозиция функции «1. Планирование»

Программирование предполагает выявление основных методов и методологий осуществления логистической деятельности и формирование укрупненного комплекса мероприятий, согласованных по срокам реализации, исполнителям и ожидаемым результатам. Выход функции «Программирование» — обоснованная оптимальная система транспортировки в цепях поставок и учета связанных с ним логистических издержек.

Планирование запасов включает согласование параметров выбранной системы транспортировки в цепях поставок с производственными, логистическими и коммерческими системами поставщиков и потребителей, определение уровней запасов, выбор методов управления многономенклатурными запасами и выбор систем информационно-компьютерной поддержки управления запасами.

Выход функции: календарные планы-графики выполнения спроса на перевозки, размер затрат на организацию физического распределения. Спланированные (выходные) параметры используются на этапах организации (для рационального распределения материальных, финансовых и временных ресурсов) и контроля (для проверки соответствия фактических показателей работы системы запланированным).

## Организация транспортировки

Задача организации состоит в том, чтобы отношения между отдельными видами логистической деятельности, их исполнителями и материальными средствами формировались так, чтобы обеспечивалось оптимальное достижение цели.

Организация — процесс целенаправленной целостной структуризации и обеспечения (поддержания) протекания логистических процессов во времени и пространстве в соответствии с характеристиками, полученными на этапе планирования.

Функция организации предполагает обработку трех видов потоков: материальный определяется изменением в пространстве, времени, изменением качественных и количественных характеристик, что соответствует основной цели логистики; финансовый (обслуживающий) поток имеет обратное направление, может быть опережающим, сопутствующим и запаздывающим относительно материального потока; информационный обеспечивает два вида связей: между функцией организации и другими функциями управления и между элементами логистической цепи, которые обеспечиваются посредством функции организации (рис. 3).

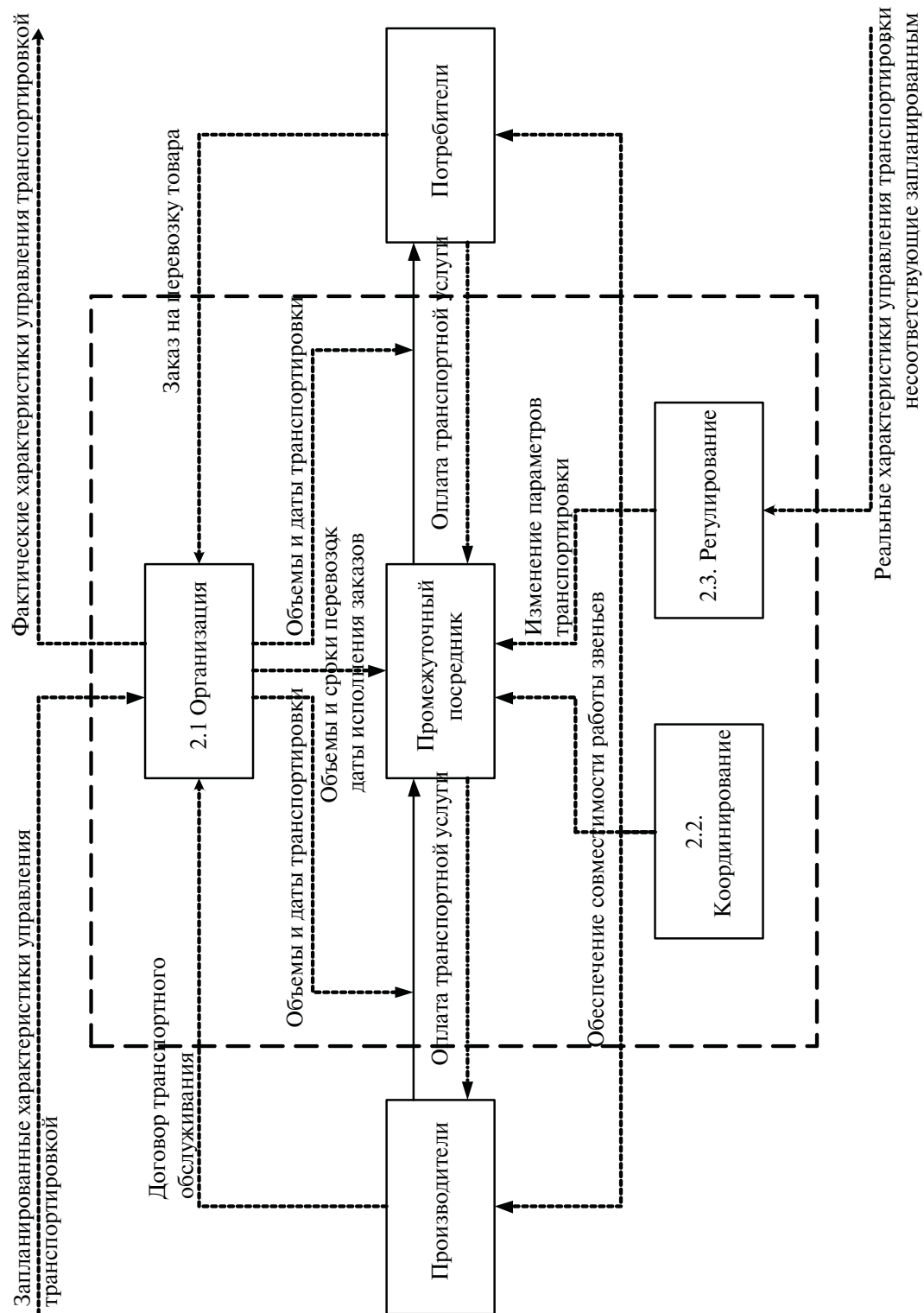


Рис. 3. Декомпозиция функции «2. Организация»

## Обработка данных функции «Организация»

Организация заключается в формировании упорядоченной системы связей относительно промежуточного посредника и осуществляется на основе информации поступающих из сопряженных с ним элементов логистической цепи. Функция оптимизации реализуется посредством внедрения выбранной на этапе планирования системы транспортировки в цепях поставок и поддержания в ней запланированных характеристик.

При организации транспортировки в логистической цепи необходимо учитывать два основных фактора, влияющих на рациональность ее функционирования.

Совместимость логистических систем звеньев. Как правило, поставщики стремятся реализовать толкающую систему, то есть осуществлять поставку товара в тот момент и в том размере, которые являются для него рациональными, независимо от размера спроса на этот товар. Принимающие и потребляющие звенья, напротив, реализуют вытягивающую логистическую систему. Достижение общей цели функционирования транспортно-логистической системы возможно в случае достижения ее звеньями экономического и технологического компромисса.

Размеры технологических резервов в звене. С одной стороны, резерв должен зависеть от величины спроса на конкретный вид транспортировки, с другой стороны, он влияет на уровень обслуживания рынка, на интенсивность продвижения материального потока по транспортно-логистической цепи и в итоге на качество ее работы и достижение цели.

Функция организации реализуется на основе поступающих от потребителей заявок (спроса на транспортную услугу) и договоров на реализацию транспортировки транспортных предприятий (предложение транспортной услуги). Организация воздействует на параметры материального потока путем определения моментов и объемов реализации транспортировки от производителя на склад промежуточного посредника и отгрузок потребителям и поддержания определенных уровней запасов на складе. В процессе организации осуществляются также мониторинг и сбор данных о работе транспортной системы в цепях поставок, необходимый для реализации функции контроля. Это единственный информационный поток, выходящий за контуры функции организации, который, тем не менее, не выходит за пределы процесса управления.

Координирование — это информационная функция, которая заключается в обеспечении взаимодействия сопряженных звеньев логистической цепи: оперативное оповещение руководства звеньев об изменении характеристик работы хотя бы в одном звене позволяет вовремя скорректировать действия всех остальных звеньев и в результате сократить возможные издержки, возникающие из-за несбалансированности спроса и предложения. Координирование систем управления запасами предполагает поддержку соразмерности между параметрами функционирования звеньев (производством, реализацией, транспортировкой и потреблением товара); согласование (синхронизация) деятельности звеньев во времени; выполнение взаимных обязательств.

Регулирование осуществляется на основе информации, поступающей с этапа контроля, и заключается в корректировке, полном или частичном изменении характеристик взаимодействия звеньев логистической цепи между собой и параметров управления запасами на их складах.

### Контроль соблюдения запланированных характеристик транспортировки

Контроль — это упорядоченный и непрерывный процесс обработки информации для выявления отклонений между плановыми и фактическими величинами, а также анализ этих отклонений.

Контроль состояния транспортной системы — это технологическое средство реализации политики управления транспортировки в цепях поставок. В процедуру контроля входят учет временных, стоимостных и качественных характеристик транспортировки конкретной цепи поставок и регулярное отслеживание технических условий их поддержания. Для проведения избранной политики управления транспортировкой в цепях поставок необходимо выработать четкий порядок контроля. Нужно установить периодичность переучета и сопоставления текущего состояния перечисленных характеристик с намеченными нормативами, определяющими когда, сколько и что транспортировать (рис. 4).

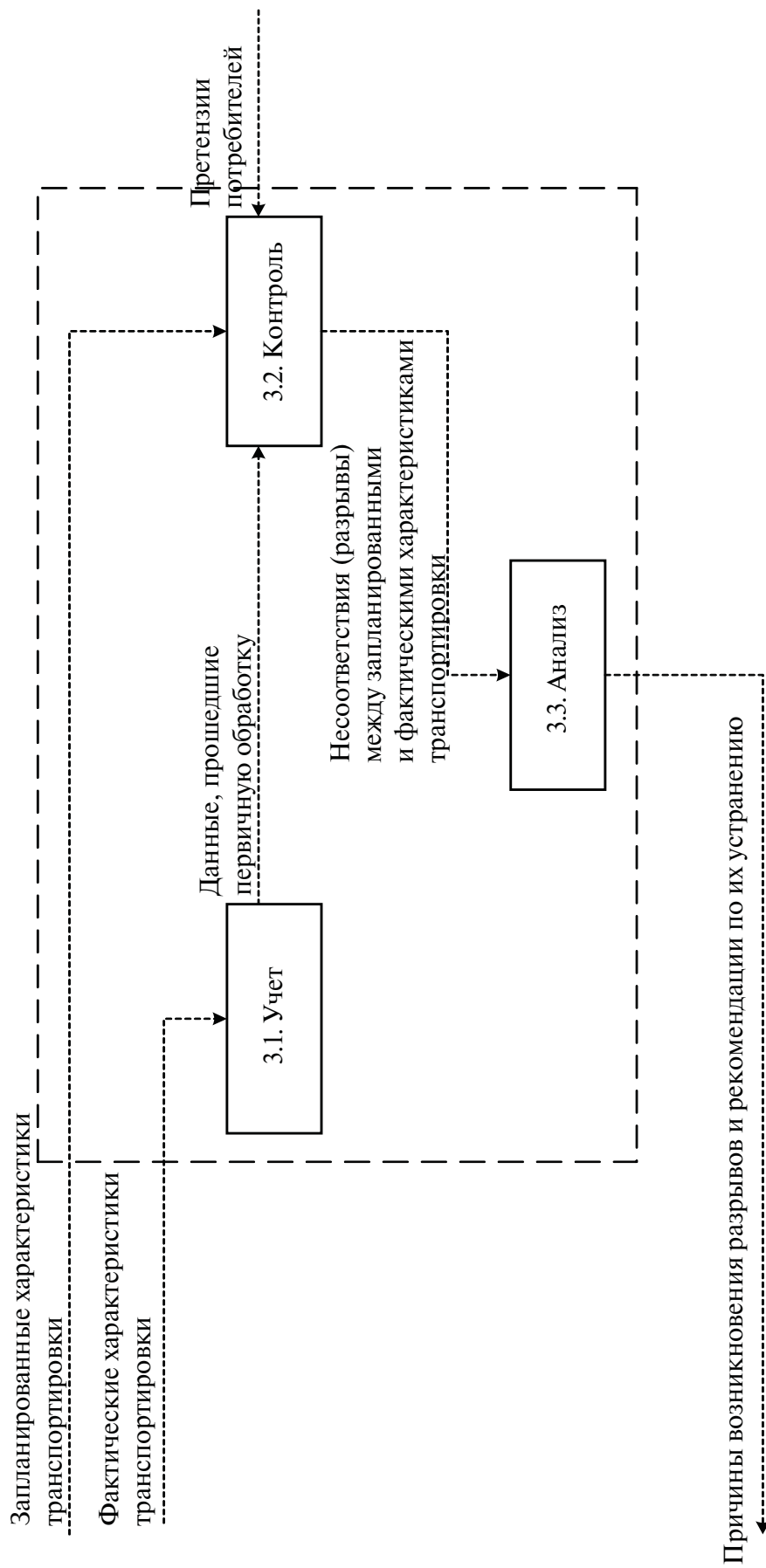


Рис. 4. Декомпозиция функции «3. Контроль»

Учет — процесс сбора данных, характеризующих состояние хозяйствующего субъекта в отчетный период и представление последних согласно установленным видам и формам отчетности. Входные информационные потоки для этапа учета поступают из контура функции «2. Организация». Фактические величины измеряют результат реализации плана и служат для определения того, достигнута ли и насколько достигнута заданная планом цель. Для выявления фактических величин могут использоваться следующие инструменты: расчет затрат, производственная статистика, опрос и т.д.

Контроль заключается в сравнении фактических и плановых показателей, в результате чего выявляются отклонения факта от плана. Если уровень выполнения плана высокий, то, как правило, не предлагаются никакие меры по адаптации или корректировке. При отклонениях от плана, превышающих определенный размер, реализуется функция регулирования.

Анализ предполагает выявление причин, которыми можно объяснить установленные отклонения. В отчете о контроле причины и виды отклонений поясняются, систематизируются и обобщаются так, чтобы можно было сделать вывод о том, где и как следует вмешиваться в планирование, реализацию и даже в сам контроль. Контрольная информация с помощью обратной связи попадает в соответствующие функциональные отделы и вызывает принятие мер по корректировке функции организации или адаптацию функции планирования.

Функционально-ориентированный подход в настоящее время находит все большее распространение в сферах управления товаропроводящими системами. Применение алгоритма управления материальными и сопутствующими им информационными и финансовыми потоками особенно эффективно при построении и рационализации региональных транспортно-логистических систем и обосновании характеристик региональных транспортно-распределительных центров.

## Литература

1. Кузинс П.В. Стратегическое управление цепочками поставок: теория, организационные принципы и практика эффективного снабжения — М.: «Дело и сервис», 2010. ISBN 4-231-0181-1.
2. Бауэрсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. / [Пер. с англ. Н.Н. Барышниковой, Б.С. Пинскера]. — М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2008. ISBN 978-5-9693-0124-5.



3. Вохмянина А. В. Математическая модель экономического обоснования уровня сервиса логистических центров // Вестник УрГУПС. № 3-4. 2009. С. 109–117. ISBN 2079-0392.
4. Миротин Л. Б., Боков В. В. Современный инструментарий логистического управления. Учебник для вузов. — М. : Издательство «Экзамен», 2005. ISBN 5-472-00181-1.
5. Миротин Л. Б., Ташбаев Ы. Э. Системный анализ в логистике: Учебник / Л. Б. Миротин, Ы. Э. Ташбаев. — М. : Изд-во «Экзамен», 2004. ISBN 5-94692-838-4.
6. Миротин Л. Б. Эффективность логистического управления. Учебник для вузов. — М. : Издательство «Экзамен», 2004. ISBN: 5-472-00005-X.
7. Резер С. М. Еловой И. А. Тарифное регулирование логистических схем товаропотоков. М. : ВИНТИ РАН, 2009. ISBN 978-5-902928-26-3.

## Концепция социальной стратификации общества иезуитов

---

В. О. Коротков (научный руководитель – О. В. Коркунова, д-р философ. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



Орден иезуитов был сильнейшей религиозной организацией, существовавшей в рамках католической церкви. Он являлся проводником политики и идеологии Ватикана, защитником позиций церкви и главным инструментом распространения христианства по всему миру. Орден иезуитов никогда не был слепым орудием пап римских — для иезуитов на первом месте стояло благополучие своих институтов, и только потом интересы церкви. Цель Общества Иисуса заключалась в распространении влияния через подчинение себе всех уровней общества, начиная от низовых сословий и заканчивая монархами и государями не только в Европе, но и на территориях азиатского мира и недавно открытой Америки. Для того чтобы завоевать определенное место в той или иной стране, ордену необходимо было изучить ее, раскрыть и определить социальные связи и устоявшуюся социальную иерархию. Чтобы достичь цели управления социумом, орден должен был для начала определить собственные цели по отношению к нему — подчинить и управлять либо подчиниться и развиваться.

Иезуиты искусственно создавали единое социальное пространство как систему социальных взаимодействий, которые сглаживали и скрывали специфические качества объектов этих взаимодействий, благодаря чему можно было выстроить более или менее единую

систему управления и манипуляции всем этим пространством. Так возникает возможность использовать возникшее социальное пространство для измерения особых человеческих актов, событий, способностей, вещей, контролировать социальные процессы и управлять обществом в целом [5]. Для этого орденом была создана собственная социальная стратификация, отраженная в его главных программных документах. Этой искусственной социальной иерархии иезуиты придерживались постоянно, вне зависимости от времени и места своей деятельности. Они «оформляли» это пространство, создавая определенные связи, которое фиксировало восприятие людей, выделяло стандарты и способы отношений причем так, что человек полностью «присваивал» себе формы своего сознания и деятельности, отождествлял их с конкретным социальным пространством иезуитов [8, с. 164–166].

Орденом иезуитов был характерен необычный взгляд на мир и выражалось это в существенном отличии их видения социального мироустройства от обыденного. Это проявлялось и в решении проблем, связанных с управлением обществом, поскольку общепринятая социальная иерархия мало подходила иезуитам, и устоявшееся общественное деление на сословия и классы не отвечало их практическим интересам. Поэтому ими создается совершенно новая социальная стратификация, с помощью которой Обществу Иисуса стало гораздо проще руководить католической паствой.

Основу для разделения общества на определенные социальные категории составлял документ, написанный в начале XVII века, — «*Monita secreta Societas Jesu*» («Тайные наставления Общества Иисуса»). Этот документ стал отражением практического взгляда ордена на социальное устройство и руководством по управлению нововведенными стратами. Иезуиты создали свое теоретическое видение социальной стратификации, разделив общество на определенные категории, ставшие практическим выражением их концепции. В духе этих наставлений иезуиты и действовали, постоянно вмешиваясь в общественную и политическую жизнь. Здесь находятся указания, как получить расположение людей, принадлежащих тому или иному социальному слою [3, с. 8]. В «Тайных наставлениях» раскрывается система практических действий, при помощи которых иезуиты приобретали милость государей, старались ослабить другие ордены и влияние местной церковной власти, обогащались за счет государств и частных лиц. *Monita* представляет из себя совокупность практических действий, которые стали философской квинтэссенцией прак-

тического отношения ордена к социуму. Такие действия являлись результатом той роли, которую иезуиты играли среди богатых классов, рассматривавшихся в качестве дарителей, чтобы поддерживать бесплатные школы и миссионерские предприятия, а также результатом тех советов благоразумия и ловкости, которые давал Игнатий Лойола в своих философско-религиозных трудах [1, с. 76–77]. Одновременно с этим иезуиты представлялись как монахи, действующие во славу божью, пользующиеся огромным влиянием у власть имущих, благодаря чему были вхожи в политику и обладали немалыми богатствами. Всего этого они достигли благодаря исполнению инструкций из «Тайных наставлений», которые были превосходным инструментом порабощения сознания и воли людей, не входящих в орден иезуитов [12].

*Monita secreta* — основной документ, который отражает искусственное разделение иезуитами общества. Главный критерий этого деления — полезность того или иного слоя для ордена. Полезность же определялась степенью материального благосостояния лиц, которых иезуиты старались поставить под свой контроль. Деление было сугубо практическим, и члены ордена постоянно пользовались такой стратификацией исходя из своей конкретной задачи. Однако сами «Тайные наставления» были скрыты от рядовых членов Общества, поэтому видение социума как чего-то целостного было доступно лишь высшему руководству, в то время как простые монахи ордена были знакомы лишь с вверенной им частью. Иезуиты тщательно скрывали существование данного документа, постоянно отрицая любой намек на причастность к его созданию и уверяя, что содержание его всячески противоречит их философско-религиозным убеждениям.

Иезуитское видение общества исходило из поставленных перед ними задач. «На нас лежит обязанность ревностно служить на пользу человеческого рода» [10, с. 466]. Таким был и является основной постулат всей деятельности ордена. Однако иезуиты видели в социуме не единую целостную систему, а совокупность социальных страт, в которой каждый человек принадлежит к какой-либо из них. Основным правилом в подчинении себе всех слоев общества было определение человека как индивида в лоне церкви. Каждый человек достоин спасения только в том случае, если он принимал и не опровергал посредническую функцию клира, ведь только с помощью духовенства, по версии католичества, душа может быть спасена. Поэтому «...общество обязано заботиться о спасении ближнего наравне со своим собственным..., чтобы самые могущественные и влиятельные

прихожане прониклись чувством любви и удивления к нашему необычному милосердию ко всем» [11, с. 271].

Исходя из «Тайных наставлений» общество в видении ордена иезуитов делилось на следующие категории:

- 1) государи и сановники, сильные влиятельные люди с выдающимся материальным положением,
- 2) власть имущие, не имеющие денежных средств, но способные оказать помощь ордену какими-либо другими способами,
- 3) лица, принадлежащие к другим монашеским орденам, и имеющие подобные иезуитам обязанности,
- 4) монахини,
- 5) богатые вдовы,
- 6) наследники богатых особ, пока не вступившие в права наследования,
- 7) миряне, имеющие возможность вступить в орден иезуитов,
- 8) лица, уволенные из Общества,
- 9) неназываемая категория — вся остальная католическая паства.

Данная стратификация может показаться несколько странной, однако она полностью отражала общие правила поведения членов ордена и философско-религиозную систему, разработанную генералами иезуитов. Такое деление общества отвечало потребностям Общества Иисуса, их целям и способам решения поставленных задач.

Первым и главным сословием, на который обращали свое внимание иезуиты, была правящая элита — монархи, королевский двор и наиболее влиятельные чиновники. Основной идеей в отношении правящего слоя иезуиты выделяли снискание «расположения государей и сильных мира сего, дабы они не только не осмеливались восставать против нас, но, напротив, скорее заискивали бы перед нами и боялись бы нас» [11, с. 273]. Преемники Лойолы предписывали своим подчиненным искать любую возможность, дабы овладеть совестью государей, что делалось с помощью получения должности королевских духовников.

Расположение верховных правителей заслуживалось определенным способом — основной идеей было непорицание предосудительных поступков и объяснение их в благоприятном смысле. Так, брак между родственниками оправдывался теснейшим сближением с богом и его прославлением. Привлекая к себе государей, сановников и прелатов, иезуиты делали их партнерами заслуг ордена, получая при этом крайне широкие и практически неограниченные полномочия относительно церковных догматов [10, с. 460—461].



Вторым крупным сословием, выделяемым иезуитами, были властные чиновники, не обладающие большими материальными богатствами, но имеющие возможность оказывать помощь ордену определенные услуги. Такие люди использовались, чтобы под их покровительством орден мог беспрепятственно скупать собственность через мирян, которые, в свою очередь, передавали ее в дар иезуитам, с их помощью орден завоевывал расположение населения, ранее отвергавшего их, и получал доселе недоступные привилегии.

Так, иезуиты получили небывалое могущество и власть над королевским домом Португалии, где иезуиты стали духовниками королевской четы, подчинили себе кардинала, сильнейших вельмож и чиновников государства. Ни одно событие не происходило без ведома иезуитов; в конечном итоге иезуиты полностью руководили Португалией на протяжении почти 200 лет, с сер. XVI по сер. XVIII веков, что доказывает действенность их системы разделения общества.

Иезуиты разделяли общество не только по материальному принципу, они выделяли еще две крупные категории — миряне и духовенство, причем сам орден стоял вне этих категорий, но выше их, управляя и подчиняя их своим интересам. Духовенство других орденов было еще одним источником материального обогащения иезуитов, что укрепляло позиции Общества и ослабляло его религиозных оппонентов [11, с. 271]. Епископы, прелаты своим влиянием предоставляли ордену все свои привилегии. Кроме того, «необходимо оказывать им особенное почтение, дабы монастыри, приходские и настоятельские церкви, отправление треб — все это с их помощью перешло в наши руки» [11, с. 276]. Идея в этом была такова, чтобы даже священники-неиезуиты действовали сообразно намерениям ордена, публично восхваляли и прославляли его.

Однако другие монашеские ордена были не только одним из источников благосостояния иезуитов. Они были серьезными противниками на пути Общества Иисуса, отстаивая свои интересы и привилегии. К этой социальной страте иезуиты относились с особой осторожностью, ибо другие ордена также имели свое влияние на знатных особ. Между этими орденами велась настоящая идеологическая война, и иезуиты старались показать себя как единственный истинно богоугодный орден. «Необходимо отыскивать и подмечать недостатки других монашеских орденов», показывая, что эти ордена не в состоянии обеспечить исполнение всех потребностей мирян, с которыми может справиться только Общество Иисуса [10, с. 466—467].

К монахиням иезуиты обязаны относиться внимательно и благоразумно, однако должны расположить к себе настоятельниц, чтобы влиять как на аббатис, так и на их богатых родственников.

В качестве примера можно привести длившееся на протяжении десяти лет идеологическое противостояние между испанскими доминиканцами и прибывшими в их страну иезуитами. Орден св. Доминика всеми силами старался не допустить последователей Лойолы в свое религиозное пространство, однако поддержка папы римского и Тридентский собор позволили иезуитам отвоевать свои позиции и распространиться по Испании.

Особой категорией в социуме иезуиты определяли богатых вдов, которые рассматривались как наиболее восприимчивые к методам влияния ордена. Иезуиты забирали власть над богатыми вдовами с целью иметь возможность распоряжаться их средствами и состоянием и тщательно оберегали их до самой смерти. Кроме того, иезуиты старательно опекали и наследников богатых мирян, стараясь еще более укрепить свое положение в высших сословиях [4, с. 269—270]. Доступ к данной страте имели наиболее опытные члены ордена, которые должны «представлять им [вдовам] действия и достоинства общества». Духовники этих дам обязаны были содержать их в состоянии вдовства, ибо это обеспечивало им спасение от мученичества чистилища. Воззрения иезуитов заключались в необходимости распространения своего образа мышления. Это было легко достижимо в отношении людей, слабых психологически и духовно. Именно таким типом людей и была категория вдов. «Цель духовника состоит в том, чтобы вдова во всем без исключения спрашивала и следовала его совету... послушание есть единственное основание ее духовного преуспения» [11, с. 280—283]. В конечном итоге всеми делами начинает руководить духовник, подчиняя в том числе и наследников богатств.

Отпрыски состоятельных людей находились в сфере особого внимания иезуитов. С детства им внушали отвращение к светским удовольствиям, заверяли их в однообразии и пустоте их настоящей жизни. Все их существование должно быть пропитано религиозностью — начиная от убранства комнат и заканчивая повседневными темами для разговоров. Только Общество Иисуса пребывает в счастливых и удобных условиях жизни, остальной же мир погряз в грехе, и единственным способом выйти из греховного состояния можно лишь следуя по пути, обозначенном орденом.

Иезуиты выделяли также слой изгнанных из рядов ордена членов. К ним *Monita secreta* призывала относиться с особой осторож-



ностью, ибо они могли определенным образом навредить Обществу. Изгоям перекрывали доступ к сановникам, их лишали привилегий, удаляли от службы в церкви. Кроме того, орден был весьма тоталитарным в отношении своих членов, что проявлялось в постоянном наблюдении и контроле даже за исключенными членами (при этом подвергая сомнению их действия и добродетели). Также высказывается идея полного уничтожения членов Общества, добровольно покинувших орден [9, с. 478–481].

Орден придерживался идеи о необходимости постоянного пополнения своих рядов. «Они должны быть умны, хорошо сложены, благородны». При этом будущие неофиты должны полностью принимать догматы, что они посвящают себя богу, и наиболее эффективно это только в том случае, если человек отдает себя (и все свое имущество) в руки ордена.

Такой видят генералы ордена иезуитов структуру социума. «Тайные наставления» являются одним из самых противоречивых документов ордена иезуитов. Он входит в практическую философско-религиозную систему Общества, направленную на подчинение окружающего их социума. Вызывая религиозную иррациональность у подконтрольных субъектов, орден преследовал одну единственную цель: постоянное обогащение ордена и практически неограниченное влияние внутри всех сословий. Но обогащение было возможно за счет высших слоев общества. Именно поэтому система философско-религиозного воздействия ордена рассчитана в первую очередь на подчинение власть имущих. Этот постулат есть уже в формулах об утверждении ордена пап римских Павла III от 27.09.1540 г. и Юлия III от 21.06.1550: «По-сему для удобства занятий Общество профессов может иметь коллегии схоластиков везде, где благочестие подвигнет кого-либо [светских лиц] на их сооружение и снабжение средствами. Мы уже теперь умоляем, чтобы, как только эти коллегии будут построены и снабжены средствами (но не из того имущества, право жаловать которое принадлежит Апостольскому Престолу)» [9]. При этом, несмотря на четкое разделение общества на категории, «иезуиты пользовались различными источниками обогащения: здесь они выделяют сахарный рафинад, там увеличивают доходы со своих домов, отдавая их в наем дамам легкого поведения и сомнительной нравственности» [6]. Иезуиты, разделяя социум на определенные категории, «интригуют открыто в пользу того, кто бы мог им содействовать» [6].

Орден никогда в открытую не требовал себе богатств. Для этого и существовали «Тайные наставления», где даны все приемы

психологического влияния на человека, чтобы сделать из него религиозного фанатика, готового отдать все свое имущество ради многого спасения своей души: «Те, что приходили к нам исповедоваться, докучали нам тем, чтобы мы расположились в их имениях. Один богатый индеец предложил поместье, свой дом и серебро, говоря: «Отец, много мне дал Наш Господь, и есть у меня только один сын: им самим и всем тем, что у меня есть, распоряжайся на свое усмотрение и раздавай беднякам, у меня не убудет», и было необходимо снизойти к его просьбам, и было распределено среди бедняков многое из его имения, и подготовился он к исповеди и служению Богу, и был обучен тайнам нашей святой веры и познал таинства с большою радостью и в назидание всем» [7]. Орден представлял это так, что отдающий считал, что ему делают одолжение, принимая все эти дары. «Если государи, графы и т. д. подарят, выстроят или оставят иезуитам по завещанию дома, церкви и коллегии, то по принятии орденом этих подарков его должны считать полноправным хозяином их, и для утверждения его во владении не нужно особой папской грамоты» [2, с. 240–243].

Иезуиты создали собственную искусственную социальную стратификацию, подчиненную потребностям и интересам ордена. Это разделение по материальному признаку четко отражено в документе «*Monita secreta*», который стал практическим выражением теоретического видения иезуитских генералов полезности определенных социальных слоев.

## Литература

1. Бемер Г. Иезуиты; Ли Г. Ч. Инквизиция. — СПб : ООО «Изд-во Полигон», 1999. 1248 с.
2. Булла *Magna Charta* папы Римского Павла III об организации Общества Иисуса (ордена Иезуитов) // А. Р. Андреев. История ордена Иезуитов. Иезуиты в Российской империи. М. : «Русская панорама», 1998. С. 240–243.
3. Великович Л. Н. Иезуиты вчера и сегодня. М. : «Знание», 1972. 64 с.
4. Гризингер Т. Иезуиты. Полная история их явных и тайных деяний от основания ордена до настоящего времени. Т. I. : пер. со 2-го нем. изд. / Т. Гризингер; Издание Маврикия Осиповича Вольфа. СПб : В тип. М. О. Вольфа, 1869. 351 с.
5. Кемеров В. Е. Введение в социальную философию : учебник для вузов. URL: [http://modernlib.ru/books/kemerov\\_vyacheslav\\_evgenevich/](http://modernlib.ru/books/kemerov_vyacheslav_evgenevich/) (дата обращения: 10.01.2014).

6. Переписка Лаврентия Ганганелли (Папы Климента XIV) и Карла Бертинаци. Письмо 27 от 27 ноября 1764 г. URL: <http://www.vostlit.info> (дата обращения: 21.02.2014).
7. Письмо анонимного иезуита отцу Хуану Себастьяну, главе провинциального ордена. URL: <http://www.vostlit.info> (дата обращения: 04.04.2014).
8. Современный философский словарь / под общей ред. д.ф.н. В. Е. Кемерова. — 2-е изд., испр. и доп. — Лондон, Франкфурт-на-Майне, Париж, Люксембург, М., Минск : «Панпринт», 1998. 1064 с.
9. Формулы института Общества Иисуса, одобренные и утверждённые Верховными Понтификами Павлом III и Юлием III. URL: <http://www.jesuit.ru> (дата обращения: 16.03.2014).
10. *Monita secreta* // Ю. Ф. Самарин. Иезуиты и их отношение к России : письма к иезуиту Мартынову / Ю. Ф. Самарин. — 3-е изд. М. : Тип. Грачева и К°, 1870. С. 425—489.
11. *Monita secreta* // Гризингер Т. Иезуиты. Полная история их явных и тайных деяний от основания ордена до настоящего времени. Т. II. : пер. со 2-го нем. изд. / Т. Гризингер; Издание Маврикия Осиповича Вольфа. СПб: В тип. М. О. Вольфа, 1869. С. 269—307
12. Thomas J. Campbell. The Jesuits, 1534 — 1921. A History of the Society of Jesus from Its Foundation to the Present Time URL: <http://www.gutenberg.org> (дата обращения: 10.05.2014).

## Обеспечение эксплуатационных показателей деталей машин при механической обработке

---

Е. М. Кузнецова (научный руководитель – А. К. Остапчук, канд. техн. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



Основные эксплуатационные свойства деталей машин — износостойкость, прочность, коррозионная устойчивость — в значительной мере определяются состоянием их поверхностного слоя.

Существует достаточно большое количество различных технологических методов повышения качества поверхностей деталей. Наиболее распространенными из них являются гальванические и химические методы нанесения покрытий, наплавка, напыление, ионная имплантация, лазерная обработка. Эти методы повышают эксплуатационные свойства и улучшают декоративный вид изделий, но они экологически небезопасны, загрязняют окружающую среду.

К наружным поверхностям деталей типа тела вращения предъявляются достаточно высокие требования по прочности и износостойкости во избежание преждевременного износа поверхностей трения и разрушения. Поэтому необходимо на этапе изготовления продукции обеспечивать заданные эксплуатационные свойства деталей машин. Решение данной задачи может быть только комплексным и учитывать все стадии жизненного цикла создания изделий: от научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок до обеспечения надежной эксплуатации техники. В связи с этим существует необходимость в разработке новых подходов к поиску эффективных способов и методов обработки системы параметров поверх-

ностного слоя деталей машин с учетом эксплуатационных свойств и проектирования технологических процессов их изготовления, а также в разработке практических рекомендаций по их реализации в производственных условиях. Только в результате комплексного подхода может успешно решаться задача повышения качества отдельных узлов и изделий в целом. Такой подход к проблеме управления надежностью машин находит свое отражение в единстве и взаимосвязи технических, экономических и организационных мероприятий, обеспечивающих требуемую надежность машин. Этот подход нашел свое отражение в сквозной компьютеризированной технологии проектирования и изготовления изделий (рис. 1), включающей в себя все этапы создания образца новой машины от разработки математической модели, электронного макета изделия до управления станками и технологическими условиями обработки в процессе производства [1, 2].

С точки зрения потребителя представляется важным не только обеспечить определенный уровень и набор свойств надежности, но и достичь оптимального уровня минимальных совокупных затрат на создание машин. Иначе говоря, это задача надежности выпускаемой продукции. С целью решения этой проблемы разработана комплексная методика назначения технологических условий обработки, структура которой представлена на рис. 2.

Разрабатываемая методика назначения технологических условий обработки, обеспечивающих требуемые эксплуатационные характеристики, может быть использована для различных требований технолога и конструктора, которые они предъявляют при разработке конструкции детали, и технологического процесса ее изготовления в зависимости от назначения и условий работы.

На практике не всегда нужно выполнять расчеты по полной программе, поэтому была разработана матрица возможных вариантов расчета на базе многоуровневого алгоритма оптимизации, по которой возможен выбор необходимого варианта расчета режимов обработки [1, 3, 4].

Фрагмент матрицы представлен в таблице. Знаком «+» отмечены те сочетания показателей, обеспечение которых целесообразно и может быть осуществлено с использованием многоуровневого алгоритма оптимизации. Если плюса нет, то сочетание показателей обеспечивать нецелесообразно, потому что некоторые из них взаимосвязаны.

Из таблицы видно, что рассчитывать режимы обработки, обеспечивающие наряду с заданными величинами предела выносливости, сближения контактирующих поверхностей (строка 5), требуемые значения остаточных напряжений и стойкости инструмента (столбец

2-1), нецелесообразно, т.к. величина остаточных напряжений зависит от заданного первоначально эксплуатационного показателя.

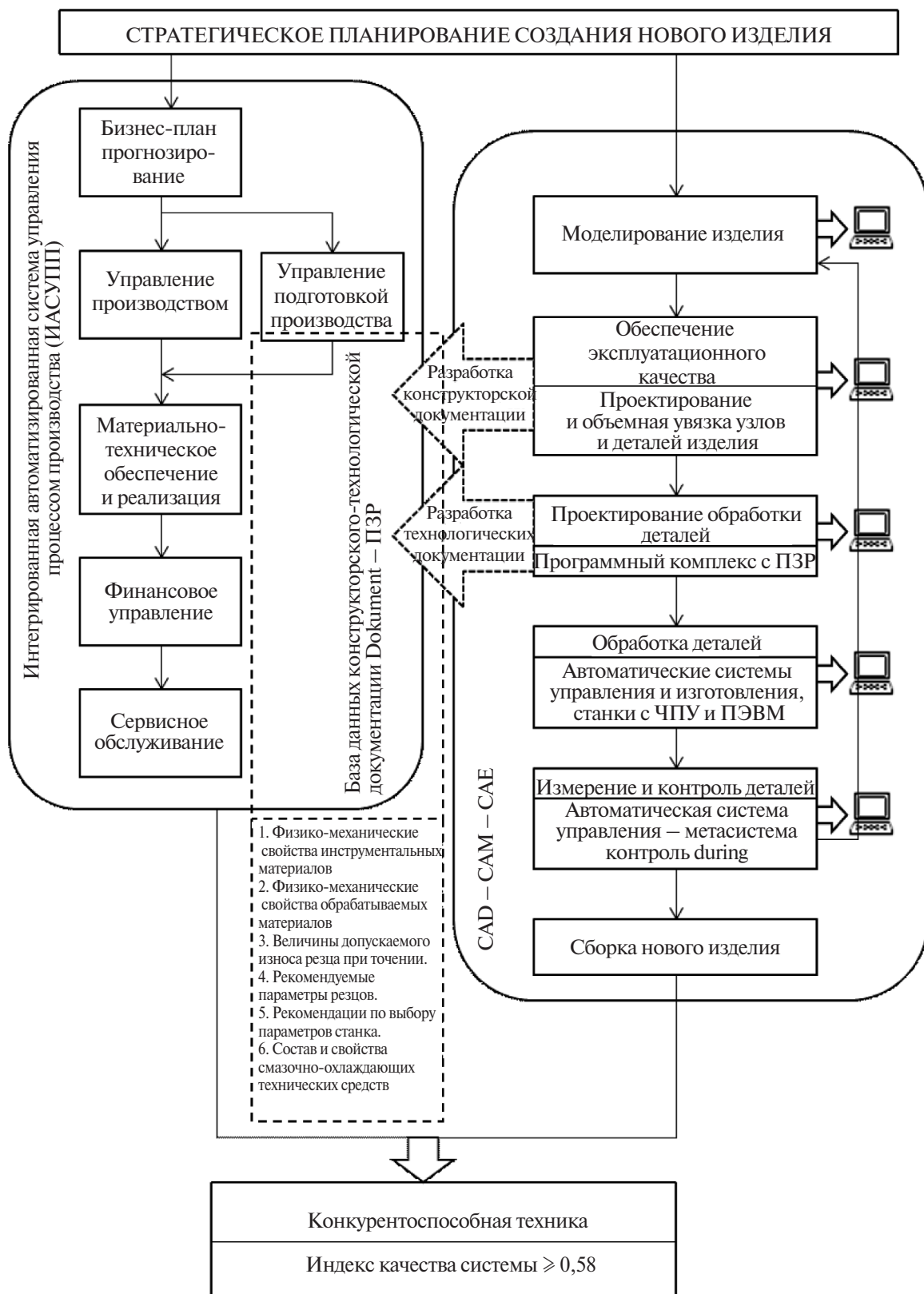


Рис. 1. Стратегическое планирование создания нового изделия



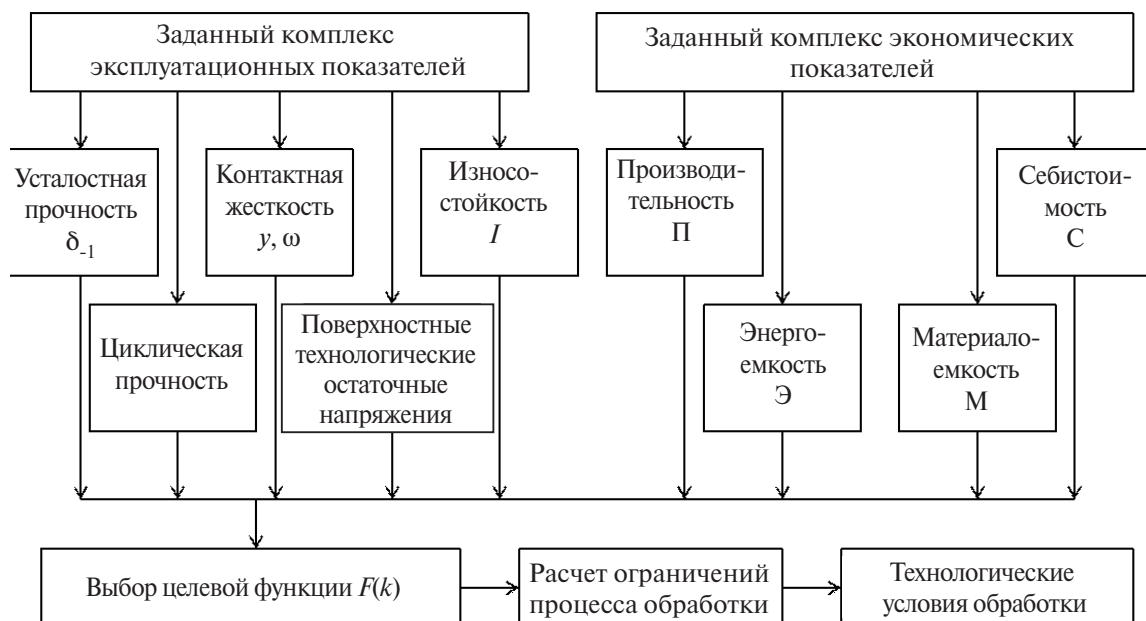


Рис. 2. Структура комплексной методики назначения технологических условий обработки

### Матрица возможных вариантов расчета

Показатель		Параметры качества поверхностного слоя и точности обработки											
		1			2			3			4		
		$R_z$			$\sigma_{\text{ост}}$			$h_c$			$\Delta\Sigma$		
		Износ, стойкость											
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
		T	$\Delta$	$\frac{T}{\Delta}$	T	$\Delta$	$\frac{T}{\Delta}$	T	$\Delta$	$\frac{T}{\Delta}$	T	$\Delta$	$\frac{T}{\Delta}$
1	$\sigma-1$							+	+				
2	$Y$				+	+		+	+				
3	$I$							+	+				
4	$V$				+	+		+	+				
5	$\sigma-1, y$							+	+				

Примечание:  $\sigma-1$ ,  $y$ ,  $I$ ,  $V$  – требуемые предел выносливости, величина сближения контактирующих поверхностей, интенсивность износа и объем зазора в стыке соответственно; T – заданная стойкость инструмента;  $\Delta$  – требуемый износ инструмента;  $R_z$ ,  $h_c$ ,  $\sigma_{\text{ост}}$  – требуемые величины шероховатости поверхности, наклепа и остаточных напряжений;  $\Delta\Sigma$  – суммарная погрешность обработки.



Матрица возможных вариантов расчета позволяет обеспечить расчет технологических условий обработки с помощью многоуровневого алгоритма оптимизации для 636 сочетаний показателей и параметров.

Качество и эксплуатационные свойства изделий машиностроения, а также их надежность во многом зависят от технологии их изготовления. Анализ отказов и практика эксплуатации машин [1, 3] показывает, что разрушение материала детали в большинстве случаев начинается в поверхностном слое или непосредственно на поверхности: это и различные виды износа, коррозия, усталостные трещины и изломы и т. д. Поэтому можно утверждать, что на эксплуатационные свойства деталей особенное влияние оказывает чистовая и отделочная обработка, в процессе которой формируются параметры качества поверхностного слоя [1–3].

## Литература

1. Безъязычный В. Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин. Инженерный журнал. Справочник. 2000. № 4.
2. Безъязычный В. Ф. Назначение режимов резания по заданным параметрам качества поверхностного слоя. Ярославль, 1978. 86 с.
3. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М.: Машиностроение, 2000. 320 с.
4. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение, 1987. 208 с.

## Символы Востока в уральском модерне

---

М. И. Кузнецова (научный руководитель – О. В. Коркунова, д-р философ. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



Символы всегда привлекали философов, художников и поэтов. Метафоричность, иносказанность и многозначность исторически связаны с культурным развитием общества, и не только с красноречием и стремлением к совершенству, но и с желанием скрыть свои мысли и быть понятым только посвященным. Символизм в своей основе связан с языческими культовыми обрядами, не допускающими прямое изображение богов. Своей высшей стадии любовь к символам достигает в расцвет модерна, особого периода в развитии цивилизованного общества. Это явление охватило всю духовную жизнь европейского общества и пропитало своим настроением все ее основные формы. Независимо от страны, в которой он проходил, он оказался интернациональным общеевропейским явлением, имеющим в каждой стране национальные черты. Модерн утверждает, что традиционное искусство, генетически связанное с рационализмом философского сознания предшествующей эпохи, не может адекватно осмыслить и воплотить реалии современной жизни. Следствием этого становится отказ от традиционного языка искусства и поиск новых приемов изображения мира и человека в искусстве. Характерными особенностями европейского модерна стали тенденция к дегуманизации искусства, тяготение к иронии, отказ от традиций и стремление понимать искусство как игру. Слово «модерн» в переводе с английского означает «современный», «человек нового времени». Модернизмом

называют направление в культуре, искусстве, философии, религии, связанное с противопоставлением традиционным взглядам и устоям. Считается, что эпоха модерна в европейской культуре началась в конце XIX в. и закончилась в начале XX в. Основной причиной появления модерна (модернизма) в конце XIX века явился духовный кризис европейского общества. Как написал в своем эссе по модернизму американский критик Климент Гринберг, модерн (он предложил назвать его модернизмом [27, с. 64]) появился в ответ на мировой экономический кризис. Выход из этого кризиса европейское общество видело в культуре Востока, в его особом подходе к миру и человеку, с его символизмом и минимализмом, мироощущением и состоянием созерцательности.

Другим немаловажным фактором, способствующим расцвету модерна, явились промышленная революция (машинный век) и быстрый рост населения в крупных городах. В России в конце XIX — начале XX вв. происходит активный рост и развитие не только столицы, но и ее провинции. Типичный горнозаводской Екатеринбург становится крупным культурным центром Урала [1]. Именно в период промышленного развития уральских городов особенно ярко проявляется влияние восточной культуры Китая и Японии. Это в первую очередь связано с активными торговыми путями, идущими с Востока через Урал. Китайский и японский символизм, смешиваясь с этнической, языческой спецификой, позволил создать настоящие шедевры уральской культуры.

Целью данной работы является проведение анализа проявления восточной символичности в уральской культуре эпохи модерна.

«...Разница между Востоком и Западом заключается, конечно, не в отличии рас, но, скорее, в различных подходах к вещам, сложившихся на основе как несхожих условий жизни, так и множества предрассудков...» [2, с. 13]. Изначальное значение слова «культура» — «возделывание». Человек окультуривает среду вокруг себя, одновременно создавая и совершенствуя свой внутренний мир. Можно сказать, что внешняя среда служит отражением внутреннего мира, и наоборот, внешняя среда формирует внутренний, духовный мир человека [3, 5]. Не только восточные товары интересовали Европу конца XIX века. История показывает нам факты, свидетельствующие о новой вспышке интереса европейского общества к Востоку, к восточной культуре, философии, религиям. Именно в это время сформировалось такое научное течение как ориентализм или востоковедение. Именно на Востоке, в восточной мудрости европейские

философы пытались найти выход из кризиса культуры, связанного с потерей ценностей и идеалов, сменой религиозных воззрений. Восточный способ толкования мира предлагал мировосприятие с неотделимостью человека от окружающей среды, гармонию с окружающей природой, традиционализм, мифологичность и религиозность, эффект созерцания и бренности мира. В отличие от европейской, китайская философия не искала первопричину сущего и не задавалась вопросом: что такое жизнь и как устроен этот мир? Для восточных философов было важным изучение связи между человеком и миром [3, 18].

В середине XIX века начался новый этап культурных контактов Европы и Японии, который выделялся обоюдным интересом и взаимным влиянием культур Запада и Востока. Впервые термин «японизм» (любовь ко всему японскому) был введен в 1872 г. французским художественным критиком Ф. Бюрти [4]. Считается, что модерн в европейском искусстве начался с японских деревянных гравюр Кокусая (36 видов горы Фудзи), Хиросигэ (53 станции Токайдо) и Утамаро, оттиски с которых были напечатаны на оберточной бумаге экспортируемого из Японии фарфора. Гравюры поражали своей неожиданной композицией и декоративностью, упрощенностью, символизмом и мистикой [5]. Характерной особенностью японских гравюр стало то, что объектом изображения был не сам пейзаж, а неуловимо меняющееся состояние природы и переживание этого состояния человеком. В период расцвета европейской философии культуры, интерес к таким гравюрам оказался настолько велик, что в 1862 году в Лондоне состоялась выставка личной коллекции японских гравюр первого британского посла в Японии сэра Резерфода Элкока. В 1867 году на Парижской Всемирной выставке было представлено около 100 японских гравюр, позднее, в 1890 году, Парижская школа изящных искусств также организовала выставку гравюр японских мастеров, представив более 89 гравюр Утамаро.

Если говорить о том, что дал японизм европейскому модерну, то особенно большое влияние японской культуры проявилось в живописи импрессионистов, в картинах Мане, Дега, Ван Гога, Гогена в формировании своеобразного символического стиля, включающего определенные приемы изображения окружающего мира японскими художниками: плоскую манеру письма; ритмичность линий; орнамент из природных мотивов; яркие цветовые решения; вертикальную и изменчивую перспективу. Архитектуре европейского модерна также характерны стилизованные растения и цветы — ромашки,

подсолнухи, пионы, хризантемы, ирисы, гибкие стебли и листья. В отделке фасадов был использован также абстрактный геометризованный орнамент в виде колец, пересеченных вертикальными полосками, гротескного меандра, волнообразных полос.

В России ориентализм (востоковедение), а именно, всестороннее изучение географических, исторических, культурных, экономических и религиозных особенностей Востока имел свои особенности, связанные с тем, что Россия, по своему географическому положению, находится на границе между Западом и Востоком (Европой и Азией) и фактически является носителем пограничной культуры. Специфическими особенностями пограничных культур послужило то, что они особенно восприимчивыми ко всему приходящему извне и в то же время ревниво оберегают свое. Кроме того, для пограничных культур религия играет особую роль в жизни нации [6, с. 10]. Пограничной культурой можно считать, например, и Японию, впитавшую в себя китайскую культуру и философию и сохранившую свою самобытность.

Влияние восточной культуры на российскую, например, можно проследить по использованию символов, на которые обращают особенное внимание ориенталисты. Символизм очень характерен для китайской мифологии. Аллегория, символичность, двусмысленность, образное представление мира хорошо представлены в китайском искусстве.

Согласно мифологическим и религиозным представлениям Китая и Японии, весь окружающий мир символичен: цветок лотоса — в Китае символ абсолютной чистоты и отречения от мирского, в Японии — символ целомудрия, свастика — символ просветления и вечности, инь-янь — символ двойственности, единство противоположностей, бабочка — символ влюбленных в Китае, в Японии — символ радости и ремесла гейш, бамбук — символ стойкости и долголетия, дракон — янь, символ начала, света и величия, жаба — символ плодородия, богатства и сексуальности, карп — символ мужества в Китае, в Японии — символ самурайской храбрости, лев — символ власти, маска — символ преобразования, яблоко — символ мира, цветки яблони — символ красоты, ирис олицетворяет веру и надежду, спираль — символ жизненной силы, красный цвет символизирует энергию и благополучие, желтый — цвет императора, центр мира (Китай), зеленый цвет — символ новой жизни, весна, белый — старость, осень, увядание, черный — познание и ученость [7, с. 391; 8, с. 388]. Традиционный китайский и японский орнамент также символичен. В нем



можно встретить узоры с изображением небесных явлений, геометрические, растительные (пион, лотос, хризантема, слива), узоры, символизирующие счастье, богатство, процветание [9, с. 175]. Можно сказать, что европейский модерн принес человечеству не только новизну и оригинальность восприятия и отражения окружающего мира, но символичность, несущую глубокую восточную философию.

Китайский стиль шинуазри известен в России еще с XVII в., в этом стиле были оформлены комнаты Лефортовского дворца, позднее, в 1762–1768 гг., архитектором Антонио Ринальди был построен Китайский дворец в Ораниенбауме. Оформление стен обоями и лаковыми панелями с пейзажами, особый дизайн мебели, декорирование шелком, яркое цветовое решение, золото и тонкая сюжетная роспись по фарфору – все это и составляло специфику имитации китайского стиля в Европе. Огромный интерес к Востоку и дешевые китайские товары в эпоху модерна и породили новую волну увлечения китайской культурой.

Японизм в России начался с выставок японских гравюр в Санкт-Петербурге, в Академии художеств (1–5 декабря 1896 г.) и в Москве, в Историческом музее (3–23 февраля 1897 г.), устроенных морским офицером, российским коллекционером Сергеем Николаевичем Китаевым, собравшим за три года проживания в Японии более 250 японских картин, несколько сотен этюдов, эскизов и несколько тысяч цветных гравюр представителей всех школ японской живописи [10]. Выставки вызвали неподдельный интерес; кроме искусства японских мастеров, на выставках были представлены фотографии и акварели самого Китаева на японскую тему, он также прочел курс лекций по японской живописи. Обзоры выставок и очерки по японскому искусству публиковались во всех ведущих российских изданиях, рассылаемых по всей России. 1852 г. в 9–12 номерах «Современника» выходит статья Е. Корша «Япония и японцы». В популярном русском издании «Нива» (1897) выходят статьи, посвященные выставке Китаева и описывающие символичность японских картин, в другой газете, «Новое время», также публикующей обзор японских выставок, говорится о символичности и недосказанности, намеках и полунамеках, присутствующих в японских картинах. Журналисты отмечают, что европейским художникам, изучающим японский стиль, приходится задумываться о возвышении над грубой материальной реальностью и выходе из «кризиса протокольного мироощущения» [4].

В целом можно сказать, что в это время именно благодаря искусству в России возрождаются идеи восточной философии, восточных

культур о неразрывности человека и природы, самоограничения и самосовершенствования.

Развитие уральской культуры на протяжении всех веков сопровождается сложными взаимодействиями и взаимообогащениями русской национальной культуры и культур различных местных народов. Массовые русские поселения на Урале, связанные с колонизацией, появились в XV в. [11]. В это время в северной и северо-восточной части Урала проживали угорские племена, за которыми в истории сохранился этноним «югра». На западном склоне северных Уральских гор жили племена манси (вогулы), на восточном — ханты (остяки). Часть хантов входила в состав западноуральского союза племен, возглавляемого большим князем Югорским [11, 17]. На склоне южного Урала жили башкиры. Приуралье — Пермь великая, обширная территория вдоль реки Камы, была заселена коми-пермяками, удмуртами, татарами, марийцами, мордвой [11, 21]. До начала русской колонизации большинство уральских племен не имело своей письменности, лишь башкирские и татарские муллы знали арабскую и тюркскую грамоту [11, с. 116]. Коми-пермяки жили в маленьких курных избах — керку. В Башкирии использовали деревянные, каменные и саманные дома, а также юрты. Ханты и манси жили в чумах, деревянных и земляных домиках. Для искусства уральских народов, живущих натуральным хозяйством, наиболее характерной формой является орнамент — узор, состоящий из повторяющихся упорядоченных мотивов. Орнамент на Урале использовался в украшениях, берестяных, глиняных и резных деревянных бытовых предметах, вышивке, ткачестве, вязании, меховой мозаике, бисерном шитье по тканям и коже. В орнаменте народов коми присутствуют простые геометрические узоры: косой крест, простой ромб, шахматная клетка, прямые и волнистые линии, стилизованные фигуры человека и животных, стебли с бутонами маков, цветущие ветки рябины [12]. В марийском и мордовском орнаменте представлены символы, характерные для всего финно-угорского мира: круги, кресты, ромбы, восьмиконечные звезды. Знак солнца — конь, птица — воплощение света, жизни; утка — образ женщины, символ семьи и плодородия, лебедь — символ любви и красоты [13, с. 26]. Треугольник в мордовской символике означал завершение, женское начало, квадрат — порядок, истину, справедливость, мужское начало. Часто встречается в мордовском орнаменте мотив «древа», ветвистые рога оленя (лося) [14]. В удмуртском национальном орнаменте преобладает несколько темных насыщенных цветов: красного с черным, белым или синим, синего с корич-



невым, черного с серебром; орнамент строился из ромбов, квадратов, треугольников, крестиков, прямых и ломанных полос, сильно стилизованных местных растений [15]. Семантика орнамента уникальна. По вышивке удмуртской женщины можно было узнать, из какой она деревни, сколько у нее детей, возраст, социальный статус [16]. Различия в семантике мансийского и хантийского орнаментов незначительны. Это так называемый северный орнамент, общие черты которого связаны с общностью территории и охотничьим образом жизни. Цветовая символика Югры следующая: синий — реки и озера края, белый — снег, зеленый — тайга. Орнаментальные узоры носят береговой характер и тесно связаны с окружающим миром: зигзаги — дерево как символ отделения живого от неживого, линии — прямой путь, медведь — символ власти, силы и ума. В орнаменте встречаются стилизованные олени рога, беличьи и заячьи уши, голова щуки и налима [17].

Таким образом, семантика коренных уральских народов отражала их религиозные представления, отличные от японского или китайского.

Русские поселенцы принесли на Урал не только грамотность для местного населения, но и все достижения европейской цивилизации, включая активное развитие горного производства и новые виды архитектурных построек. XIX в. оказался особенным для Урала, края обильного на железные ископаемые и различные минералы. В это время богатый уездный город Екатеринбург — главное место по продаже и обработке уральского камня [1, с. 279].

Китайские товары и ранее появлялись на прилавках уральских купцов, но в конце XIX в. произошло так называемое новое открытие Востока, всколыхнувшее интерес не только к восточной культуре, но и к восточной философии. Немало способствовала этому и первая массовая волна китайской иммиграции в Россию. В силу географической близости к Китаю, в конце XIX — начале XX вв. на Уральских заводах трудилось около 10 тыс. китайцев. Причиной миграционной волны явился сильный упадок китайской экономики в XIX в., основной массой рабочих мигрантов были мужчины, которые, чтобы прокормить семью, были вынуждены искать заработка на чужбине. Сам быт приезжих китайцев сильно отличался от местного, уральского. Китайцы вызывали интерес своей национальной духовной и материальной культурой, особенностями поведения, особым стилем одежды и манерой одеваться, питанием, личной гигиеной, различными ритуалами и философией. Резкие культурные отличия и компактность проживания сильно выделяли китайцев среди другого горнозаводского населения [18].

Можно сказать, что фактически в начале XIX века на Урале сформировалась китайская этническая группа, оказывающая значительное влияние на культурные традиции и философию восприятия мира уральского населения.

Уральский модерн в архитектуре имеет свою специфику, свои национальные черты, отражающие горнозаводской характер российской провинции. С одной стороны, в уральском модерне проступают черты японского строгого минимализма и ярко выраженной асимметричности, с другой стороны, орнаменты китайского философского символизма. Наряду с характерными чертами европейского модерна, специфической русской чертой модерна в архитектуре явилось использование национальной темы. В украшении зданий русские архитекторы использовали витражи на сюжеты русских народных сказок, декоративные решетки, светильники,obelisks, купола и башни, шпили и ковку с характерной восточной символикой. Например, смесь русского лубочного стиля с характерными китайскими трилистниками можно найти в отделке резного карниза удивительного по красоте деревянного дома С.И. Кирилова в селе Кунара [19, с. 12], в росписи которого использованы желтые, зеленые и красные цвета, китайские символы энергии, новой жизни и благополучия. Элементы восточного стиля, отличные от национального уральского, можно проследить в геометрических и растительных узорах деревянных наличников и фасада усадебного комплекса Э.Ф. Филитц в Екатеринбурге (ул. Мамина-Сибиряка, 183) [19, с. 53] или в ажурном орнаменте деревянного балкона дома К.М.Панова (ул. Сакко и Ванцетти, 23 [19, с. 56]). Орнамент в форме трилистников также можно увидеть на фронтоне дома Агафуровых (ул. Сакко и Ванцетти, 28 [19, с. 60]). Растительные узоры присутствуют в резных наличниках дома Елизарьева (ул. Белинского, 6 [19, с. 117]) (рис. 1), усадьбы купца В. С.Ваганова (ул. Радищева, 8 [XIX, с. 61]) (рис. 2), а также в отделке купеческих домов в Ирбите, Верхотурье, Невьянске [19, с. 71–75]. Удивительные по красоте деревянные декоративные завершения крыши, в значительной мере напоминающие завершения крыши китайских пагод, можно увидеть на доме в Невьянске [20, с. 173]. Японский минимализм и характерная асимметрия, линейный переплет и графика присутствуют в планировке окон дома врача А. И.Сяно в Екатеринбурге (ул. К. Либкхнета, 2 [21, с. 108]), дома Мишиных (ул. Октябрьской революции, 9) и дома Серебряковых (ул. Октябрьской революции, 27 [21, с. 177]).



Рис. 1 [25]



Рис. 2 [26]



Восточную символику можно обнаружить и в кованых оградах, и балконных решетках уральских особняков эпохи модерна. Применение металла в декоративной отделке домов можно встретить в Кыштыме, Невянске, Нижнем Тагиле, Сысерти, Екатеринбурге, Ирбите. Появление восточных символов, связанное с процессом взаимодействия и взаимопроникновения восточной и исконно-уральской культур, можно также отметить и в традиционном уральском текстильном орнаменте XIX — начале XX вв. Значения многих символов, составляющих орнамент, считаются утраченными и непонятыми. Однако при пристальном рассмотрении и анализе в них легко обнаружить наряду с элементами национального орнамента уральских коренных народов и восточную символику. Например, символ просветления и вечности (свастику) можно обнаружить на кушаках Юрлинского района Пермской губернии [23, с. 46–47], китайский символ красоты — цветы яблони — вышивались на обрядовых полотенцах (рушниках) в деревне Лопатово Алапаевского района [23, с. 60]. Цвет обрядовых праздничных рушников — красный — китайский символ энергии и благополучия. Также на обрядовых полотенцах Алапаевского района можно видеть и драконов — китайских символов начала света и величия [24, с. 83].

Таким образом, мы видим значительное влияние восточной философии и символизма на уральскую культуру эпохи модерна. Появление специфических символических восточных узоров, возможно, связано с одной стороны, с довольно большой группой китайцев, мирно живущих среди уральских горнозаводских рабочих, и с модой на восточную философию среди образованного горнозаводского населения в конце XIX — начале XX вв., с другой. Трансформация уральской символики в конце XIX в. связана с ее переосмыслением. Вплетая чугунный узор в свое изделие или вышивая хитрый орнамент на рушнике, мастера создавали не просто красоту, а еще и желали богатства и процветания его хозяевам. Можно сказать, что модерн привнес в уральскую культуру восточную философию, наполненную символическостью и особым отношением к окружающему миру. Красота и многозначность восточного символизма с интересом были восприняты и адаптированы уральскими мастерами. Особенностью восточных символов на Урале является то, что они осмысленно и гармонично вливаются в национальный рисунок, создавая неповторимый колорит.

## Литература

1. Злоказов Л. Д., Семенов В. Б. Старый Екатеринбург: город глазами очевидцев. Музей истории Екатеринбурга. Екатеринбург : ИГЕММО, 2000. 280 с. ISBN 5-89133-010-5.
2. Рерих Ю. Н. Расцвет Ориентализма из книги «Тибет и Центральная Азия: статьи, лекции, переводы». Самара : Агни Год, XIX99. 368 с. ISBN 5-89850-012-X.
3. Бычкова Т. А. Культура традиционных обществ Китая и Японии. Учебное пособие к специальному курсу лекций. Томск : Изд-во Томского университета. 2001. 63 с. ISBN 5-7511-1642-9.
4. Дьяконова Е. Японизм в русской культуре Серебряного века (конец XIX – начало XX вв.). URL: <http://refdb.ru/look/2326507-pall.html>. (дата обращения: 20.08.2014).
5. Теймс Р. Япония. История страны. М. : Эксмо; СПб : Мидгард, 2009. URL: [http://historylib.org/historybooks/Richard-Teyms\\_YAponiya--Istoriya-strany-/8](http://historylib.org/historybooks/Richard-Teyms_YAponiya--Istoriya-strany-/8) (дата обращения: 20.08.2014).
6. Багно В. Е. Языки пограничных культур (Испания и Россия). в сборнике «Пограничные культуры между Востоком и Западом» (Россия и Испания) : / М-лы II Международн. коллоквиума / отв. ред. В. Е. Багно. 2001. СПб : Союз писателей Санкт-Петербурга. 2001. 528 с.
7. Бир Р. Энциклопедии тибетских символов и орнаментов. М. : Ориенталия, 2011. 428 с. ISBN 978-1-57062-416-2.
8. Фоли Д. Энциклопедия знаков и символов. М. : Вече, XIX97. 512 с. ISBN 5-7838-0153-4.
9. Тянь Хе. Семантика традиционного китайского орнамента // Общество, среда, развитие. 2011. № 1. С. 173–178. ISSN XIX97-5996.
10. Николаева Н. С. Япония – Европа. Диалог в искусстве. Середина XVI – начало XX века. М : Изобразительное искусство, XIX 96. 400 с. ISBN 5-85200-312-3.
11. Головчанский Г. П., Корчагин П. А., Мельничук А. Ф. и др. История Урала до конца XIX века : учеб. пособие. Пермь : Пермский университет, 2007, 153 с. ISBN 5-7944-0953-3.
12. Титова Н. В. Узорное ткачество и вязание коми. Сыктывкар : Коми книжное издательство, XIX89. 200 с.
13. Калашникова Н. М. Одежда народов СССР, М. : Планета, XIX 90. 222 с. ISBN 5-85250-141-7.
14. Белицер В. Н. Народная одежда мордвы. М. : Наука, XIX 73. 216 с. ISBN 5-7695-2236-4.

15. Крюкова Т. А. Удмуртское народное изобразительное искусство, Ижевск : Ижевск-Л, XIX73. 200 с.
16. Денисова О. Орнамент — тайный язык народа. Интервью с К. М. Климовым. URL: <http://mariuver.wordpress.com/2010/01/15/ornament-jazyk/> (дата обращения: 20.08.2014).
17. Васильева Е. Н. Узоры хантов: живая традиция // Современные проблемы сервиса и туризма. 2012. № 4. С. 9—15. ISSN XIX95-0411.
18. Становление и развитие китайской этнической группы на Среднем Урале в конце XIX — начале XXI вв. : автореф. дисс.... на соиск. уч. ст. канд. ист. наук: 07.00.02 / М. С. Каменских, Екатеринбург, 2011. 21 с.
19. Долгов А. В. Деревянное зодчество свердловской области, Екатеринбург : ИД «Сократ», 2008. 144 с. ISBN 978-5-88664-317-6.
20. Бубнов Е. Н. Русское деревянное зодчество Урала. М. : Стройиздат, XIX88. XIX4 с. ISBN 5-274-00182-3.
21. Стариков А. А., Звагельская В. Е., Токменинова Л. И., Черняк Е. В. Екатеринбург : История города в архитектуре. Екатеринбург : Сократ, XIX98. 239 с. ISBN 5-08-000617-X.
22. Прошлое и настоящее Каслинского художественного литья. URL: <http://кас3.ru/history/> (дата обращения: 20.08.2014).
23. Народное искусство Урала. Традиционный орнамент. Текстиль. Выпуск 1 / Авторы-составители: О. Б. Ворончихина, Е. В. Пестелев Екатеринбург : Уральское литературное агентство, XIX98. 80 с. ISBN 5-86XIX3-046-5.
24. Народное искусство Урала. Традиционный орнамент. Текстиль. Вып. 2 / Авт.-сост.: О. Б. Ворончихина, Е. В. Пестелев Екатеринбург : Уральское литературное агентство, XIX98. 127 с. ISBN 5-900879-35-6.
25. Деревянное зодчество Екатеринбурга. Ч. 2. Вид 1. URL: <http://www.1723.ru/photo/d-zod/d-1.htm/> (дата обращения: 15.11.2014).
26. Деревянное зодчество Екатеринбурга. Ч. 2. Вид 6. URL: <http://www.1723.ru/photo/d-zod/d-6.htm> (дата обращения: 15.11.2014).
27. Greenberg C. Modern and postmodern // Arts Magazine. 54. №6. XIX80. P.64—66. ISSN 1086-2765.

## Оценка составляющих профиля шероховатости поверхности деталей в условиях алмазного выглаживания

---

А. Г. Михалищев (научный руководитель – А. К. Остапчук, канд. техн. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



**Н**адёжность работы машин непосредственно связана с качеством поверхностного слоя деталей, которое характеризуется геометрическими и физико-механическими параметрами.

При эксплуатации детали машин контактируют друг с другом или с окружающей средой. От качества поверхностного слоя зависят эксплуатационные свойства — сопротивление усталости, износостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление контактной усталости и др. В связи с интенсификацией эксплуатационных процессов, увеличением скоростей перемещения рабочих органов, повышением температур и давлений роль качества поверхностного слоя значительно возрастает. Связь характеристик качества поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами деталей свидетельствует, что оптимальная поверхность должна быть достаточно твёрдой, иметь сжимающие остаточные напряжения, мелкодисперсную структуру, сглаженную форму микронеровностей с большой площадью опорной поверхности.

Для повышения качества поверхности и эксплуатационных свойств деталей на финишных операциях все чаще применяют выглаживание поверхности алмазным инструментом [8]. Вследствие



высоких физико-механических свойств алмаза и низкого коэффициента трения в паре с металлами этот метод при небольших силах и затратах энергии обеспечивает высокие производительность и качество обработанной поверхности.

С точки зрения теории случайных функций, профиль поверхности рассматривается как реализация стационарной случайной функции, характеризующей профиль шероховатости.

Стационарность профилей состоит в том, что при стабильных условиях обработки профилограммы имеют вид непрерывных колебаний относительно среднего значения, причем ни средняя амплитуда, ни характер колебаний не обнаруживают существенных изменений с изменением аргумента [3]. Стационарность профиля обеспечивается стабильностью технологических условий выполнения данной операции. Поскольку профиль шероховатости поверхности описывается нормальным стационарным эргодическим процессом, то основную информацию содержит математическое ожидание и корреляционная функция  $K_{xx}(\tau)$  и, т. к. рассматривается центрированный случайный процесс, то задача сводится к определению корреляционной функции:

$$K_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T y(t+\tau)y(t) dt. \quad (1)$$

Заменяя интеграл формулы (1) знаком суммы, получим выражение, применимое к профилю шероховатости:

$$K_{xx}(\tau) = \frac{1}{l-\tau} \sum_{i=0}^{l-\tau} y(x)y(x+\tau), \quad (2)$$

где  $\tau$  — переменная разность между абсциссами двух сечений профилограммы (шаг корреляции),  $\tau = 0, 1, 2, \dots$ ;  $l$  — длина профилограммы;  $y(x)$  — ординаты профилограммы.

В качестве основной модели шероховатости поверхности принята модель, представляющая профилограмму как реализацию случайной функции:

$$y(t) = y_{\beta}(t) + y_{\gamma}(t), \quad (3)$$

где  $y_{\beta}(t)$  — детерминированная составляющая;  $y_{\gamma}(t)$  — случайная составляющая, т.е. стационарная нормальная функция с математическим ожиданием  $M = 0$  и дисперсией  $\sigma^2$ .

Корреляционная функция основной модели (3) при длине реализации  $l$  согласно формуле (1) имеет вид

$$\begin{aligned}
K_{XX}(\tau) &= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \left[ \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t + y_\gamma(t) \right] \left[ \sum_{i=1}^n A_i \cos \omega_i(t+\tau) + y_\gamma(t+\tau) \right] dt = \\
&= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \sum_{i=0}^n A_i^2 \cos \omega_i t \cdot \cos \omega_i(t+\tau) dt + \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} y_\gamma(t) y_\gamma(t+\tau) dt + \\
&+ \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t \cdot y_\gamma(t+\tau) dt + \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} A_i \cos \omega_i(t+\tau) y_\gamma(t+\tau) dt.
\end{aligned}$$

Первое слагаемое представляет собой корреляционную функцию гармонических составляющих профиля:

$$\begin{aligned}
K_\beta(\tau) &= \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} \sum_{i=0}^n A_i \cos \omega_i t \cdot \cos \omega_i(t+\tau) dt = \\
&= \frac{1}{2(l-\tau)} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau \int_0^{l-\tau} dt + \frac{1}{2(l-\tau)} \sum_{i=1}^n A_i^2 \frac{1}{2\omega_i} \sin \omega_i(1t+\tau) \Big|_0^{l-\tau} = \\
&= \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau + \sum_{i=1}^n A_i^2 \frac{1}{4(l-\tau)\omega_i} [\sin \omega_i(2l-\tau) - \sin \omega_i \tau]
\end{aligned}$$

При подробном рассмотрении величина:

$$\frac{1}{4(l-\tau)\omega_i} = \frac{T_i}{8\pi(l-\tau)} < 1,$$

т. к. длина профилограммы выбирается из условия, что корреляционное преобразование должно выделить периодические составляющие с периодом  $T_i$ , т. е. для всех частот  $\omega_i = \frac{2\pi}{T_i}$  отношение  $\frac{T_i}{l-\tau} < 1$ .

Учитывая отмеченное положение, можно представить:

$$K_\beta(\tau) \cong \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau.$$

Второе слагаемое в выражении  $K_{XX}(\tau)$  соответствует корреляционной функции случайной составляющей профиля.

$$K_\gamma(\tau) = \frac{1}{l-\tau} \int_0^{l-\tau} y_\gamma(t) y_\gamma(t+\tau) dt.$$

Два других слагаемых представляют собой взаимокорреляционные функции  $K_{\beta\gamma}(\tau)$  и  $K_{\gamma\beta}(\tau)$ , равны нулю, т. к. гармонические составляющие  $Y_{\beta}$  и случайная составляющая  $Y_{\gamma}$  статистически независимы друг от друга, т.е. некоррелированы, поэтому:

$$K_{xx}(\tau) = K_{\beta}(\tau) + K_{\gamma}(\tau) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n A_i^2 \cos \omega_i \tau + K_{\gamma}(\tau). \quad (4)$$

Рассматривая поведение  $K_{xx}(\tau)$  при больших  $\tau$ , можно выделить в чистом виде корреляционную функцию гармонической компоненты, поскольку с ростом  $\tau$  корреляционная функция случайной компоненты  $K_{\gamma}(\tau)$  убывает. Корреляционная функция систематической составляющей  $K_{\beta}(\tau)$ , как и исходный сигнал, периодическая, с тем же периодом  $T$ , но информация о начальных фазах гармоник сигнала в ней не сохраняется. Вычитая  $K_{\beta}(\tau)$  из  $K_{xx}(\tau)$ , можно получить и корреляционную функцию  $K_{\gamma}(\tau)$ .

Разделение профиля на составляющие и их анализ позволяют определить структуру профиля, установить причины их появления получить возможность управлять характеристиками поверхности.

Согласно принятой модели, шероховатости поверхности [9, 10, 12] профиль поверхности включает в себя систематическую и случайную компоненты, характеристиками которых являются [10]:

$Ra_{\beta}$ ,  $Ra_{\gamma}$  — среднее арифметическое отклонение систематической и случайной компоненты соответственно;

$T_{\beta}$  — шаг неровностей систематической компоненты;

$T_{\gamma}$  — шаг неровностей случайной компоненты;

$\gamma$  — уровень случайной компоненты профиля;

$\beta$  — уровень систематической компоненты профиля.

Эти характеристики определяются по коррелограммам обработанной поверхности. Согласно выдвинутой гипотезе, случайная компонента профиля формируется под действием вибраций, происходящих в технологической системе. С целью выявления периодичности в профиле выглаженной поверхности и влияния усилия выглаживания (нормальной силы) на принятую модель шероховатости поверхности, проводился анализ коррелограмм профиля.

Разделение профиля на случайную и систематическую составляющие и их анализ дают возможность определить структуру профиля и управлять характеристиками шероховатости поверхности.

Величины уровней случайной  $\gamma$  и систематической  $\beta$  составляющих  $Y$  определялись по рассчитанным коррелограммам.

В качестве примера на рис. 1 и 2 приведены коррелограммы поверхностей, обработанных с постоянной скоростью выглаживания с различными усилиями выглаживания (натяг).

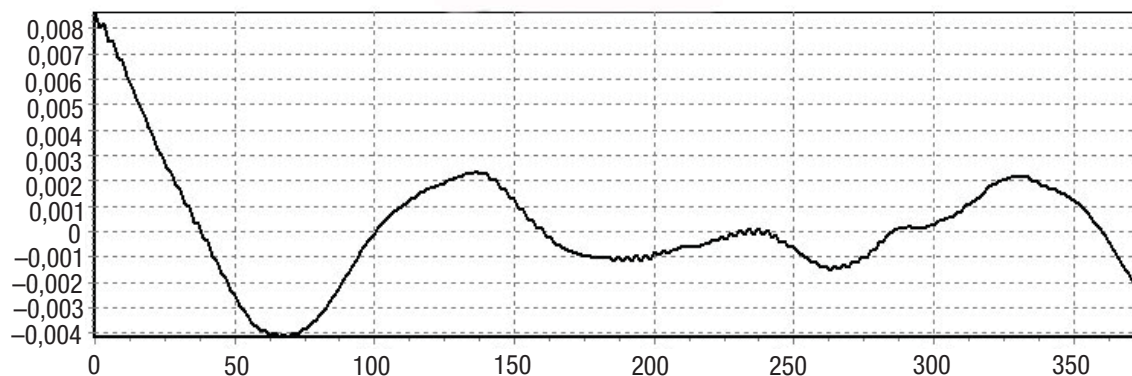


Рис. 1. Коррелограмма выглаженной поверхности образцов с величиной внедрения индентора 25 мкм

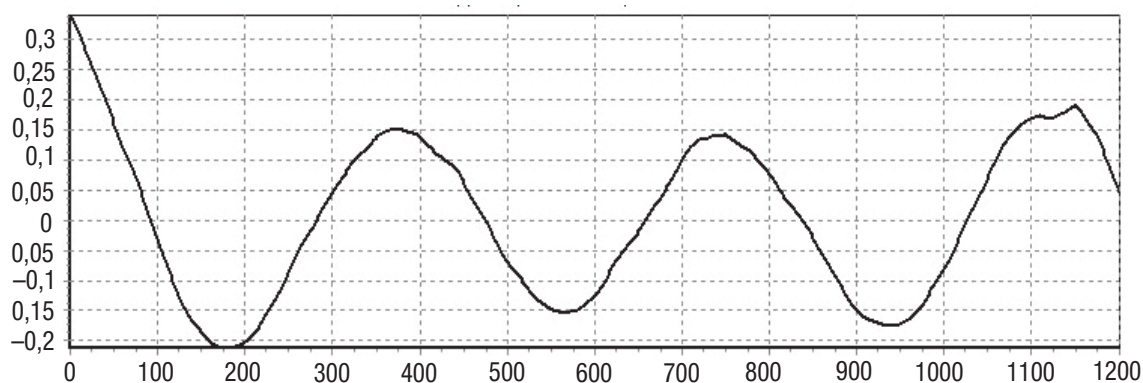


Рис. 2. Коррелограмма выглаженной поверхности образцов с величиной внедрения индентора 100 мкм

Как было отмечено, источником корреляционных характеристик служит коррелограмма обработанной поверхности, которая может быть описана следующей формулой:

$$K_{xx}(\tau) = 0,5A^2 \cos \frac{2\pi}{T\beta} \tau + D_{\gamma} e^{-\alpha\tau^2}.$$

Анализ профилограмм, полученных после алмазного выглаживания, показал, что в подавляющем большинстве случаев в профиле поверхности присутствует систематическая составляющая. В зависимости от условий обработки вклад систематической составляющей в общую дисперсию профиля будет различным.

Экспериментальные исследования проводились на токарном станке с числовым программным управлением 16K20Ф3. В качестве обрабатываемого материала использовались углеродистые конструкционные стали: сталь 45 (ГОСТ 1050–88), ст. 3 (ГОСТ 380–94), а также сталь 12ХН (ГОСТ 4543–71).

Режимы выглаживания в ходе экспериментов: скорость резания  $V = 100$  м/мин, подача  $S = 0,07$  мм/об, натяг  $h = 0,25–1,75$  мм. Выбор диапазона изменения факторов производился на основе предварительного анализа научно-технической литературы [1–9, 11].

Результаты экспериментов приведены в таблице.

### Расчет составляющих профиля

$h$ , мкм	$Ra$	$\gamma$	$\beta$	$D$	$Ra_{\beta}$ , мкм	$Ra_{\gamma}$ , мкм
25	0,4	0,40678	0,59322	57,5	0,237288	0,162712
50	0,5	0,550505	0,449495	58,8	0,224747	0,275253
75	0,79	0,179331	0,820669	56	0,64832	0,141672
100	0,6	0,353933	0,646067	1,16	0,38764	0,21236
125	0,6	0,483245	0,516755	2,09	0,310053	0,289947
150	0,57	0,215116	0,784884	57,1	0,447384	0,122616
175	0,6	0,22242	0,77758	97,7	0,466548	0,133452

Анализ данных коррелограмм показал, что уровень случайной составляющей в профиле поверхности носит переменный характер. С увеличением натяга уровень случайной составляющей снижается до величины 0,179 при увеличении шероховатости до  $Ra$  0,79. В данном диапазоне варьирования натягов шероховатость поверхности формируется за счет систематической составляющей, обусловленной кинематикой процесса выглаживания. При дальнейшем увеличении натяга до 1,25 доля случайной составляющей в профиле выглаженной поверхности возрастает за счет появления вибраций в технологической обрабатывающей системе, вызванных процессом выглаживания, и становится соизмеримой с систематической.

При работе с большими натягами (больше 1,25) резко возрастает доля систематической составляющей (до 0,8) из-за появления демпфирующих свойств системы «инструмент — деталь».

Исследуя процесс формирования шероховатости поверхности при выглаживании алмазным инструментом, можно выявить причины, оказывающие влияние на параметры профиля поверхностно-

го слоя, что позволит устанавливать оптимальные режимы выглаживания для обеспечения требований к поверхности детали, исходя из служебного назначения.

## Литература

1. Проскуряков Ю. Г. Технология упрочняющей и формообразующей обработки металлов. М. : Машиностроение, 1971. 203 с.
2. Рыжов Э. В., Суслов А. Г., Федоров В. П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М.: Машиностроение, 1979. 175 с.
3. Шнейдер Ю. Г. Образование регулярных микрорельефов на деталях и их эксплуатационные свойства. М. : Машиностроение, 1973. 210 с.
4. Дальский А. М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. М. : Машиностроение, 1975. 222 с.
5. Колесников К. С., Баландин Г. Ф., Дальский А. М. Технологические основы обеспечения качества машин. М. : Машиностроение, 1990. 256 с.
6. Суслов А. Г., Браун Э. Д., Виткевич Н. А. Качество машин : справочник. М. : Машиностроение, 1995. В 2-х т. Т. 1. 256 с.
7. Суслов А. Г., Браун Э. Д., Виткевич Н. А. Качество машин : справочник. М. : Машиностроение, 1995. В 2-х т. Т. 2. 430 с.
8. Торбило В. М. Алмазное выглаживание. М. : Машиностроение, 1990. 102 с.
9. Хусу А. П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход). М. : Наука, 1975. 344 с.
10. Остапчук А. К. Автоматическое обеспечение шероховатости поверхности при чистовой обработке в условиях ГПС и отдельных технологических модулях с ЧПУ : дис. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Курган, 1988. 231 с.
11. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М. : Машиностроение, 2000. 320 с.
12. Остапчук А. К. Научные основы обеспечения шероховатости поверхности на базе анализа случайных процессов. Курган : КГУ, 2012. 196 с.



## Оценка усталостной прочности деталей после механической обработки

---

А. Г. Михалищев, Е. М. Кузнецова (научный руководитель – А. К. Остапчук, канд. техн. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



**Б**ольшое количество исследований посвящено вопросам усталостной прочности деталей. Дефекты и неровности на поверхности детали, работающей в условиях знакопеременной нагрузки, служат концентраторами напряжений и играют роль очагов субмикроскопических нарушений сплошности металла поверхностного слоя, первопричиной зарождения усталостных трещин.

Усталостная прочность деталей машин — это их способность сопротивляться разрушению при действии знакопеременных нагрузок. Предел выносливости деталей машин в основном зависит от наклепа и остаточных напряжений поверхностного слоя. Неровности, образующиеся на поверхности детали при их обработке, являются концентраторами напряжений и служат одной из причин снижения предела выносливости.

Для увеличения предела выносливости необходимо обеспечить оптимальное качество поверхностного слоя, что не всегда удается сделать с помощью широко применяемых методов окончательной обработки (шлифование, хонингование, доводка). Оно достигается поверхностным пластическим деформированием (ППД), при котором стружка не образуется, а происходит тонкое пластическое деформирование поверхностного слоя. Во многих случаях применением ППД удаётся повысить запасы прочности деталей, работающих при



переменных нагрузках, в полтора-три раза и увеличить срок службы деталей в десятки раз.

Влияние шероховатости поверхности на усталостную прочность детали оценивается коэффициентом концентрации напряжений. Обработанная поверхность представляет собой поверхность с большим количеством рисков. И для нее теоретический коэффициент концентрации напряжений можно рассчитать, используя формулу Г. Нейбера [1]:

$$\alpha_{\sigma} = 1 + k \sqrt{\gamma_1 \frac{R_z}{r'}},$$

где  $k = 1$  при кручении и сдвиге,  $k = 2$  при растяжении и изгибе;  $R_z$  — высота микронеровностей;  $r'$  — радиус кривизны на дне впадины;  $\gamma_1$  — коэффициент разгрузки, зависящий от отношения шага неровностей к их высоте (рис. 1).

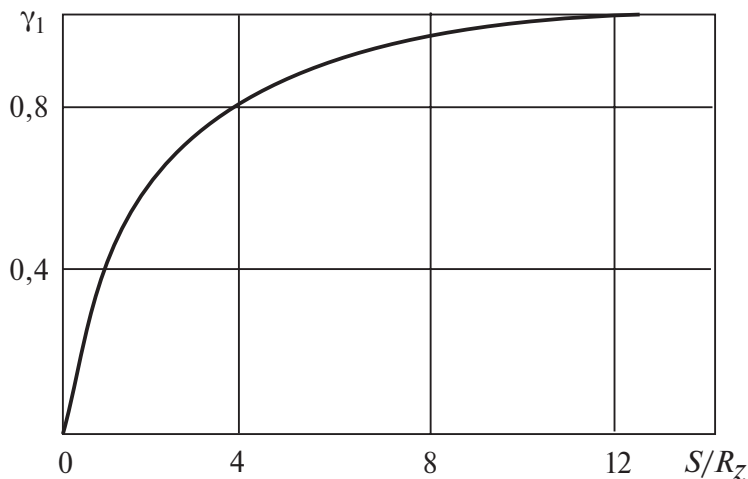


Рис. 1. Зависимость коэффициента разгрузки  $\gamma_1$ ,  $y_1$  от отношения  $S/R_z$

Радиус наибольшей впадины шероховатости, определяющей предел выносливости [2]:

$$p'_{m \min} = \frac{t_m^2 S_m^2}{8 \cdot 10^4 R_m},$$

$$\rho'_{m \min} = \frac{t_m^2 S_m^2}{8 \cdot 10^4 R_m},$$

где  $R_m$  — глубина сглаживания (расстояние от средней линии до линии впадин);  $t_m$  — относительная опорная длина профиля шероховатости по средней линии;  $S_m$  — средний шаг неровностей по средней линии.

Предел выносливости образцов без концентраторов ( $\sigma_{-1}$ ) и с концентраторами ( $\sigma_{-1k}$ ) напряжений связан соотношением [1]:

$$\sigma_{-1k} = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma},$$

где  $K_\sigma$  — эффективный коэффициент концентрации напряжений, который определяется по формуле:

$$KK_\sigma = 1 + q_\sigma \cdot (\alpha_\sigma - 1) \text{ или } K_\sigma = 1 + q \cdot K \cdot \sqrt{\gamma_1 \cdot \frac{R_z}{r}},$$

где  $q_\sigma$  — коэффициент чувствительности металла к концентраторам напряжений.

Для оценки усталостной прочности деталей после финишных видов обработки (чистовое точение, выглаживание) был проведен ряд экспериментов. Исследования проводились на токарно-винторезном станке с ЧПУ 16К20Ф3, в качестве обрабатываемого материала использовали углеродистые конструкционные стали: сталь 45 (ГОСТ 1050–88), ст. 3 (ГОСТ 380–94), а также сталь 12ХН (ГОСТ 4543–71). Режимы обработки: точение — подача  $S = 0,097–0,12$  мм/об; частота вращения шпинделя  $n = 500–1600$  об/мин; материал части токарного резца — Т15К6; выглаживание — подача  $S = 0,07$  мм/об; частота вращения шпинделя  $n = 500$  об/мин; натяг варьировался в пределах 0,25–1,25 мм; диаметр заготовки 50 мм, материал выглаживателя — промышленный алмаз, радиус сферы — 3 мм.

На рис. 1–6 представлены типовые профили шероховатости поверхности, их автокорреляционные функции и кривые опорной поверхности при различных технологических режимах обработки (при точении — на рис. 1–3, при выглаживании — на рис. 4–6).

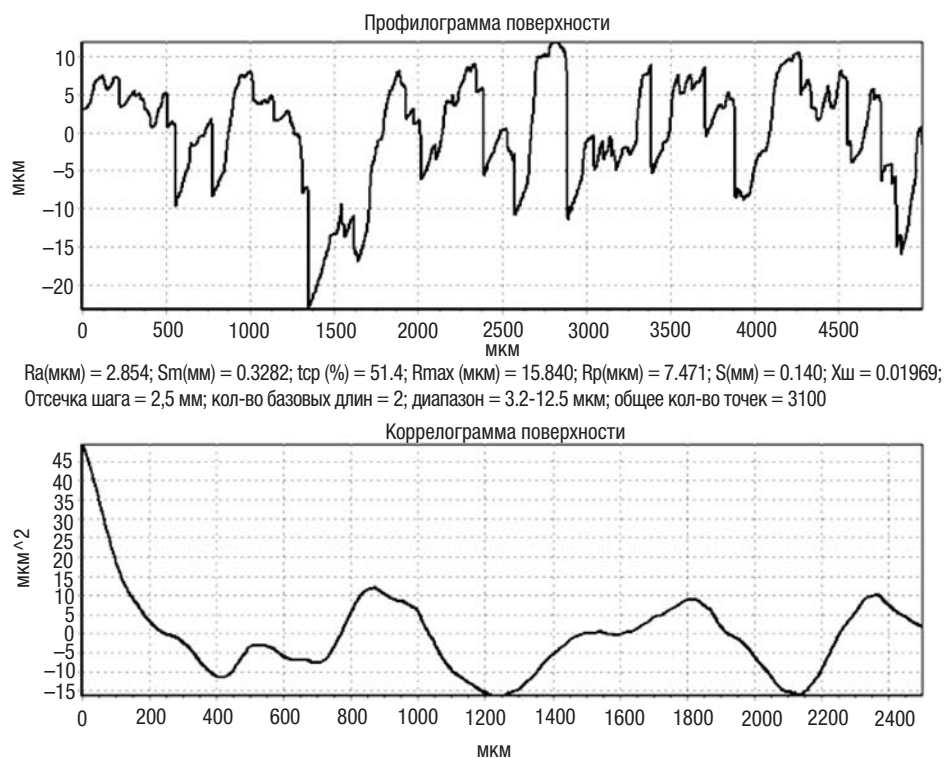


Рис. 1. Профилограмма и АКФ поверхности при точении  
 $S = 0,097$  мм/об;  $n = 500$  об/мин

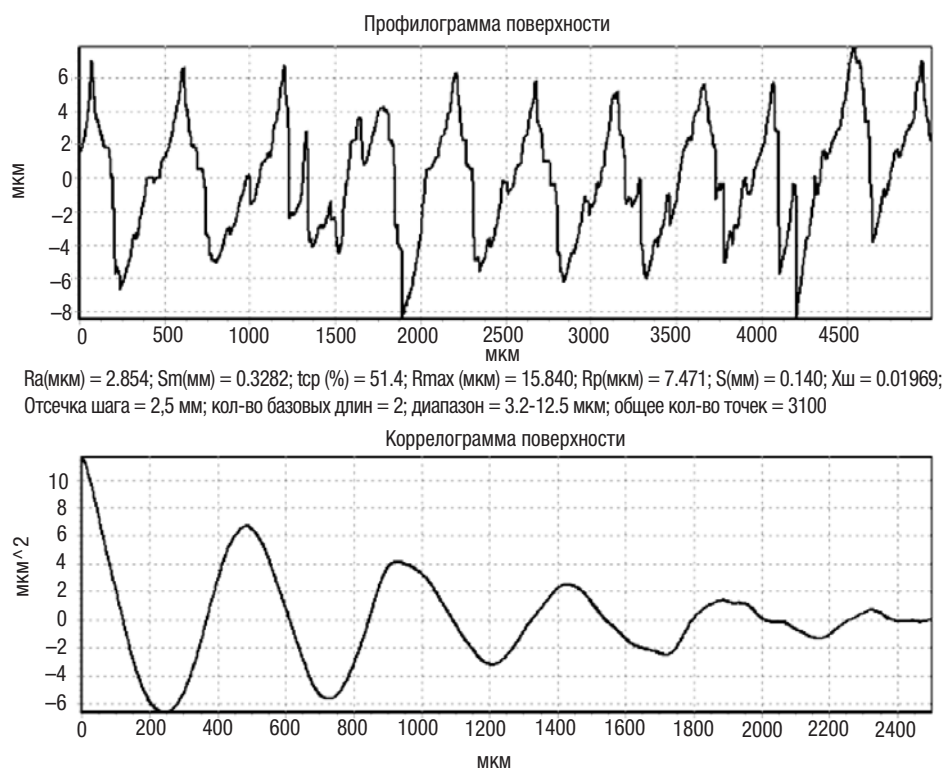


Рис. 2. Профилограмма и АКФ поверхности при точении  
 $S = 0,097$  мм/об;  $n = 1600$  об/мин

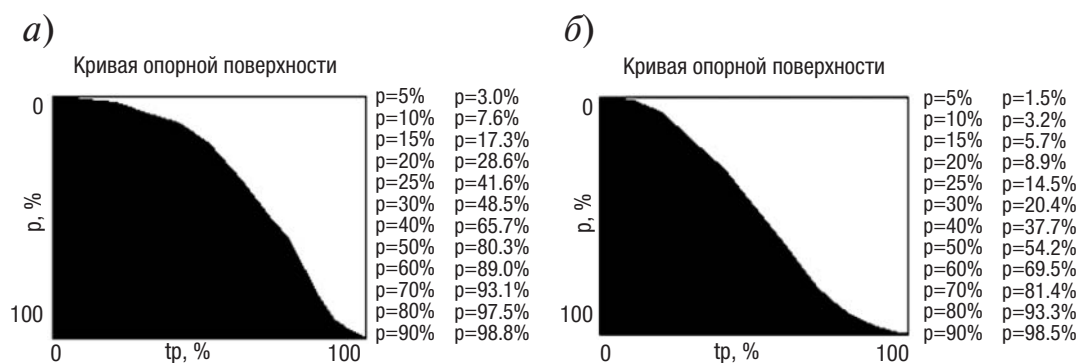


Рис. 3. Кривая опорной поверхности при точении  
 а –  $S = 0,097$  мм/об;  $n = 500$  об/мин; б –  $S = 0,097$  мм/об;  $n = 1600$  об/мин

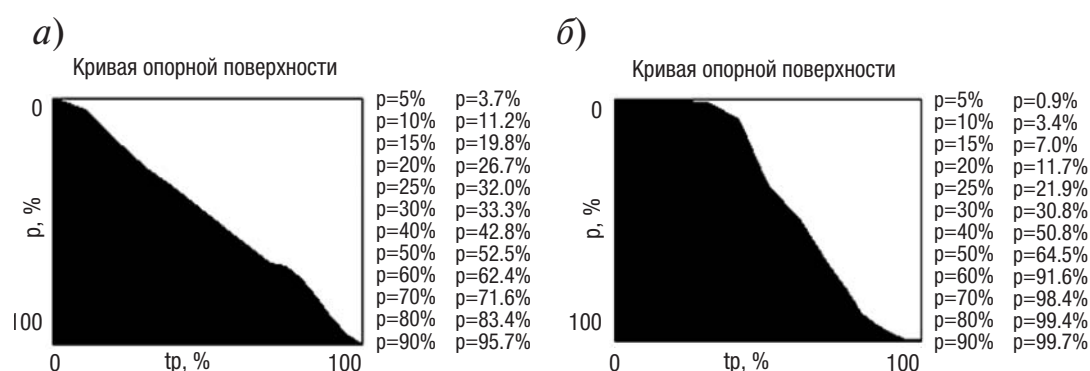


Рис. 4. Кривая опорной поверхности при выглаживании  
 а –  $h = 0,25$  мм; б –  $h = 0,75$  мм

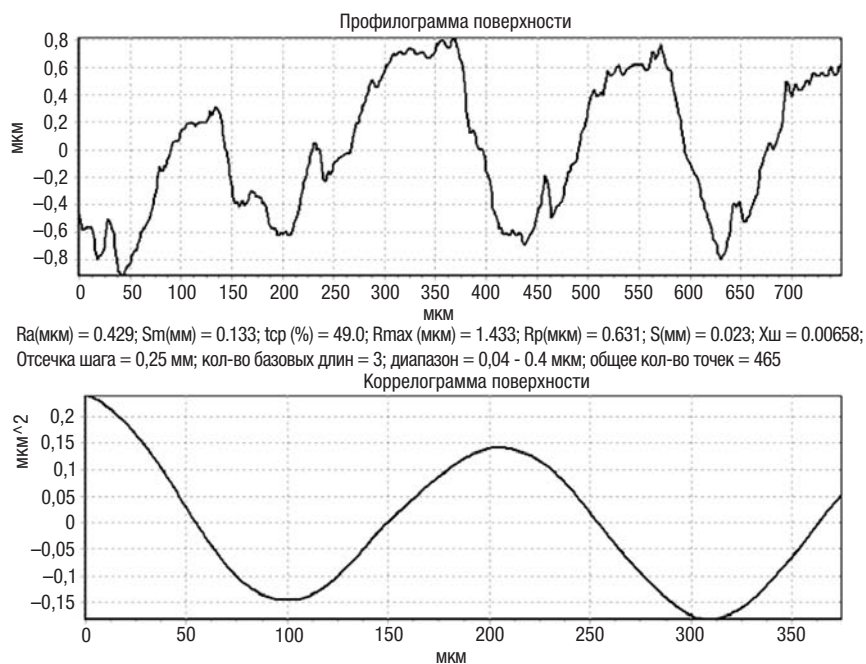


Рис. 5. Профилограмма и АКФ поверхности при выглаживании  
 $S = 0,07$  мм/об;  $n = 500$  об/мин;  $h = 0,25$  мм

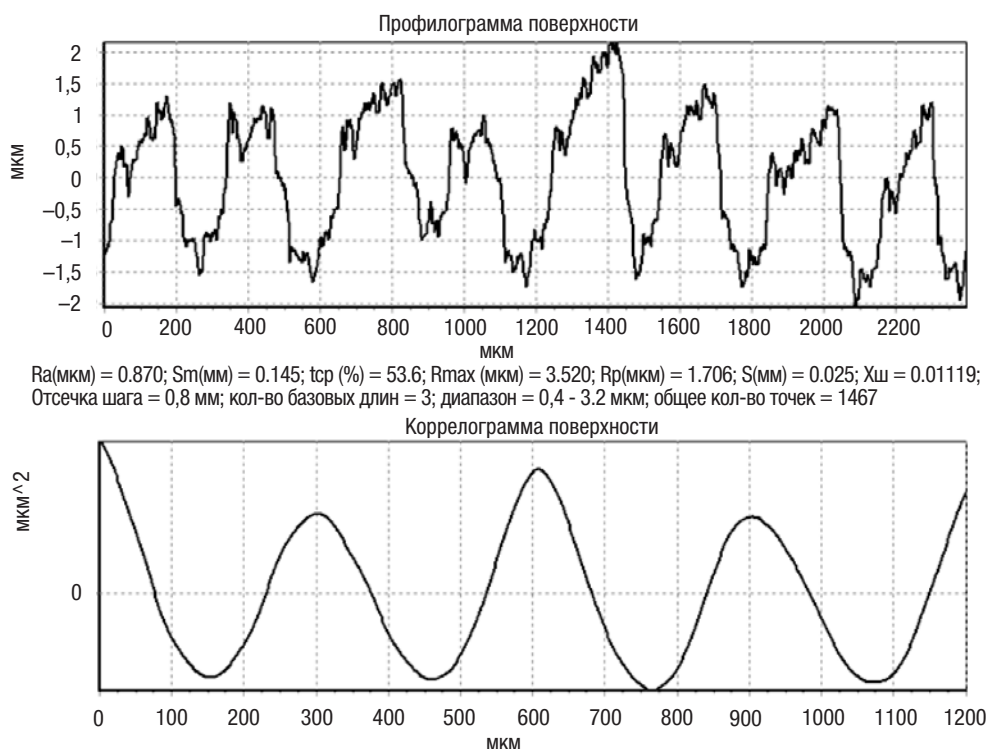


Рис. 6. Профилограмма и АКФ поверхности при выглаживании  
 $S = 0,07$  мм/об;  $n = 500$  об/мин;  $h = 0,75$  мм

Результаты эксперимента и вычисления предела выносливости образцов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

### Расчет предела выносливости для детали, обработанной точением

$S$ , мм/об	$n$ , об/мин	$Rz$ , мкм	$Ra$ , мкм	$tm$ , %	$Sm$ , мкм	$Rv$ , мкм	$r$ , мкм	$\alpha\tau$	$K\sigma$	$\sigma-1k$
0,097	500	22,8	5,7	55,1	302	25,5	136	1,410	1,082	277
0,097	630	20,8	5,2	49,7	304	25,5	112	1,431	1,086	276
0,097	800	19	4,75	48,4	378	20	209	1,301	1,060	283
0,11	1600	12,8	3,2	50	330	10	340	1,194	1,039	289
0,12	1600	15,6	3,9	46,4	410	11	411	1,195	1,039	289
0,074	1600	12,4	3,1	49,5	260	12	173	1,268	1,054	285
0,08	1600	14	3,5	52,5	380	12	415	1,184	1,037	289
0,097	1000	19,2	4,8	49,7	388	14,5	321	1,245	1,049	286
0,097	1250	20,24	5,06	44	167	13	52	1,592	1,118	268
0,097	1600	11,4	2,85	51,4	280	8,2	316	1,190	1,038	289

Таблица 2

**Расчет предела выносливости для детали,  
обработанной выглаживанием**

$S$ , мм/ об	$h$ , мм	$Rz$ , мкм	$Ra$ , мкм	$tm$ , %	$Sm$ , мкм	$Rv$ , мкм	$r$ , мкм	$\alpha\tau$	$K\sigma$	$\sigma-1k$
0,07	0,25	2,145	0,429	49	133	0,85	625	1,059	1,029	291
0,07	0,25	2,55	0,51	49,1	100	1,5	201	1,113	1,056	284
0,07	0,5	4,35	0,87	53,6	145	2	378	1,107	1,054	285
0,07	0,5	2,95	0,59	48,9	64	1,7	72	1,202	1,101	272
0,07	0,75	3,15	0,63	49	121	2,8	157	1,142	1,071	280
0,07	0,75	3	0,6	43	132	1,6	252	1,109	1,055	284
0,07	1	3	0,6	55	86	1,8	155	1,139	1,069	281
0,07	1,25	23,6	5,9	45	430	10	468	1,225	1,112	270
0,07	1,5	30	7,5	50	1500	21	3348	1,095	1,047	286
0,07	1,75	18,4	4,6	49	500	10	750	1,157	1,078	278

Из таблиц 1 и 2 видно, что предел выносливости  $\sigma-1k$  с концентраторами напряжений зависит от способа и режимов финишной обработки поверхности деталей. Разница значений предела выносливости деталей, обработанных точением с различными технологическими режимами, составляет 7,8 %, при выглаживании эта разница – 8,2 %.

Подбирая методы обработки и регулируя их технологические режимы, можно значительно увеличить предел выносливости, что в конечном результате повышает эксплуатационные свойства деталей.

### Литература

1. Сулима А. М., Шулов В. А., Ягодкин Ю. Д. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин. М. : Машиностроение, 1988. 240 с.
2. Суслов А. Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. М. : Машиностроение, 2000. 320 с.
3. Безъязычный В. Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин // Инженерный журнал. 2000. № 4.
4. Безъязычный В. Ф. Назначение режимов резания по заданным параметрам качества поверхностного слоя. Ярославль, 1978. 86 с.



## Трудолюбие как социально значимое качество личности

---

И. Ю. Осипян (научный руководитель – Н. И. Шаталова, д-р социолог. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



Один из показателей целеустремленности — это трудолюбие, свидетельствующее, что человек целеустремлен, способен работать не жалея сил и времени, стремится к новым результатам. Трудолюбие — нравственное качество личности, выражающее положительное отношение к труду, проявляющееся в трудовой активности, старании и усердии работника. Именно это качество ведет к успеху в деле.

Трудолюбие и способность к труду не даются от природы, но воспитываются с самого раннего детства. Это результат трудового воспитания. И. Ф. Сवादковский подчеркивает, что трудолюбие «возникает не само по себе, а под влиянием различных условий и образов жизни» [1]. Трудолюбие как личностное качество характеризуется прочной мотивационной сферой, пониманием силы труда. Оно формируется только в труде при наличии определенных предпосылок.

В условиях рыночной экономики с ее жесткими требованиями к профессиональным качествам работника преимущество получают те, кто трудится добросовестно, выполняет любую работу качественно и в срок, поэтому трудолюбие определяет социальную значимость человека в обществе.

Рассматривая трудолюбие как нравственное качество личности, мы исходим из принципа добросовестного и старательного отношения к труду. Трудолюбие не мыслится без уважения к труду, признания его значимости. Трудолюбие — это не просто уважительное отношение к своему труду, но и к труду других людей.



Понятие «трудолюбие» включает в себя два значимых феномена — труд и любовь.

Труд сопровождает человека на протяжении всей его жизни. Человеку свойственно трудиться — так же, как дышать, думать, любить. Говоря о человеке, мы всегда подчеркиваем его отношение к труду. Только в труде, по мнению Н.Г. Чернышевского, человек развивает свои человеческие качества; вне труда и без труда вырастают только тунеядцы и паразиты, образуются гниль и плесень [2]. Труд служит развитию личности работника. Характер человека, его способности, упорство, целеустремленность, смелость полнее всего раскрываются в труде. Труд объединяет людей, воспитывает, и дает возможность жить полноценной жизнью. Желание и умение трудиться являются неотъемлемыми и важнейшими составными частями счастливой жизни человека.

Труд играет важную роль в социальном и интеллектуальном развитии человека, потому что в процессе труда пополняются его знания, приобретаются навыки и умения. Трудом создаются материальные и духовные ценности. Труд есть «источник всякого богатства», «первое основное условие всей человеческой жизни, и притом в такой степени, что мы в известном смысле должны сказать: труд создал самого человека» [3]. Таким образом, труд — главный фактор жизнедеятельности людей. Человек, который охотно берется за любую работу, выполняет ее с радостью, как правило, вызывает доверие.

Понятие «любовь» как «чувство самоотверженной сердечной привязанности» [4] служит второй составной частью сложного понятия «трудолюбие». Любовь определяют и как «нравственно-эстетическое чувство, выражающееся в бескорыстном и самозабвенном стремлении к своему объекту» [5]. В любви человек независим, свободен, никто не может заставить любить ни самого себя, ни другого. Поэтому чтобы трудиться эффективно, нужно, чтобы труд нравился. Противоположность любви — равнодушие.

Понятие «любовь» в русском языке многозначно: оно может характеризовать отношение к родителям, детям, Родине, искусству, противоположному полу, родственникам и друзьям. Среди этих составляемых есть и труд. Но роль любви к труду многозначнее, чем все остальные смыслы. Любовь к труду является основой всех остальных чувств, потому что она плодотворнее других. Человек, по-настоящему любящий свою работу, самореализуется, развивается как личность, и не требует одобрения, наград, а наслаждается тем, что он делает. Любовь к труду дает возможность стать настоящим профессионалом

своего дела. Трудолюбие противоположно лени. Ленивый, не желающий трудиться человек, вызывает чувство пренебрежения.

Феномен трудолюбия понимается разными авторами по-разному. Анализ литературы позволяет выделить два подхода к определению сущности трудолюбия.

Первый подход рассматривает его как *нравственное качество* личности, формируемое в процессе социализации. Трудолюбие определяется как «глубокое личное чувство по отношению к труду», которое включает в себя «жертвенность по отношению к работе, и самоотверженность, и волю к постоянству» [6]. Трудолюбие — «такое нравственное качество личности, которое характеризуется потребностью в труде, желанием трудиться, умением выполнять ту или иную работу и стремлением к новым результатам в труде» [7]. И.П. Стогний раскрывал содержание трудолюбия на основе таких свойств, как потребность в труде, отношение к труду.

Второй подход акцентирует внимание на трудолюбии как *поведении*, обладающем специфическими качествами, главное из которых — потребность трудиться. Трудиться с желанием, относиться к работе с любовью, получать удовлетворение от своей работы — основа восприятия труда как жизненной потребности. Если труд привлекает человека, он видит в нем радость, понимает пользу и необходимость труда, то и трудиться он начинает с интересом. Свободное время работающего человека значительно отличается от праздности лодыря — трудолюбивый человек не только восстанавливает физические и психические силы, он имеет возможность деятельно развиваться (активно заняться учебой, самообразованием, потреблением продуктов культуры, физическими занятиями и любительским творчеством (хобби), общением и т. п.). Свободное время служит одним из основных источников формирования трудового потенциала работника [6].

Трудолюбие — «черта характера, заключающаяся в положительном отношении личности к трудовой деятельности. Проявляется в адекватности, инициативности, добросовестности, увлеченности и удовлетворенности самим процессом труда» [8]. Трудолюбие возникает, когда человек умеет сориентироваться в нестандартных ситуациях, проявить самостоятельность, инициативность, творческий подход к делу, ставить цели и идет к ним. Он берет на себя ответственность за результат нового дела, при этом не боится отрицательных результатов. Добросовестно трудиться может не каждый. Добросовестный человек — это тот, кто аккуратно и вовремя выполняет свою работу, ищет возможность совершенствовать навыки.

Человека, увлеченного работой, часто называют трудоголиком, то есть любящим работать без передышки. Для трудоголика труд служит доминирующей потребностью, причем это не зависит от материальных стимулов. В ряде видов деятельности, особенно в творчестве, способность трудоголика к полному погружению в процесс труда позволяет достичь более высоких результатов, чем при ином отношении к труду. Творчество включает воображение и мышление, проявляющиеся в рождении новых идей, мыслей, которые могут привести к появлению новых потребностей. Трудоголизм неоднозначно оценивается психологами, социологами и экономистами. Считается, что он может сформировать «одномерного» человека, особенно если он связан с нетворческими занятиями в узкой сфере трудовой деятельности. В то же время изучение жизни трудоголиков показывает, что они сочетают разные сферы деятельности: занятия медициной — с искусством, изучение истории — с занятиями журналистикой и т. п. [9].

И. Ф. Свадковский, рассматривая трудолюбие, подчеркивал, что оно «является венцом, а не начальной стадией в процессе трудового развития» [1]. Действительно, если в человеке есть такое качество, как трудолюбие, то он достигает той радости в работе, которая позволяет ему, преодолев сложные препятствия, решить трудные проблемы, приобрести тот заслуженный успех в работе.

Трудолюбие стимулирует «неустанную заботу человека о росте и совершенствовании своего профессионального мастерства» [10]. Стремление человека к самосовершенствованию, повышению своей квалификации может его мотивировать сильнее, чем любое материальное вознаграждение. Повышение квалификации помогает работнику избавиться от устаревших взглядов, повышает его конкурентоспособность, способствует его самореализации, решению профессиональных и личных проблем, позволяет получить большее удовлетворение от работы. Повысив профессиональное мастерство, работник повышает эффективность труда, а организация работает лучше и качественнее. Развивая в себе профессиональные знания, умения и навыки человек формирует в себе трудолюбие.

На формирование трудолюбия оказывает влияние как коллектив, так и сам процесс труда. Молодой человек, имеющий большие планы на организацию своей трудовой карьеры, попав в коллектив лодырей, очень быстро социализуется как не любящий работать, научится отлынивать не хуже своих коллег. И наоборот, трудолюбивый коллектив, в который человек попадает в начале трудовой жизни, соз-

даст правильные ролевые аналоги, которые станут прочной основой для удачной производственной жизни.

Исследователи изучают и структуру такого социального явления, как трудолюбие. И. П. Чернецов, например, рассматривает его как «совокупность постоянно развивающихся и взаимодействующих компонентов: практический (умение трудиться, сознательно ставить и успешно решать трудовые задачи; трудовые умения и навыки); познавательный (наличие знаний о труде, систематическое стремление к их совершенствованию); эмоциональный (чувство ожидания нового успеха; чувство радости в труде, наслаждение); волевой (желание и умение преодолевать трудности, переносить чувство утомления ради достижения поставленной цели); оценочный или морально-этический (понимание роли труда как жизненной необходимости, умение видеть его красоту)» [11].

С. М. Ковалев выделяет пять компонентов трудолюбия: «во-первых, осознание значения труда как одной из главных ценностей жизни, основного средства саморазвития; во-вторых, понимание высокой общественной значимости любого производительного труда; в-третьих, наличие политехнических и профессиональных знаний, навыков, умений; в-четвертых, интерес к конкретной специальности; в-пятых, адаптация в производственной и социальной среде» [12].

Трудолюбивый человек обладает такими качествами, как целеустремленность, организованность, высокий уровень работоспособности, имеет необходимый багаж знаний и умений, способен преодолевать трудности, настойчив, и выдержан в своих чувствах, готов добросовестно выполнять ту или иную работу, проявляя волевые усилия в преодолении тех преград, которые встречаются в процессе труда. «Трудолюбивый человек — прилежный; работающий, не требующий праздности» [13].

Можно выделить ряд свойств личности, без которых невозможно назвать человека трудолюбивым.

1. Умение ставить производственные задачи и успешно их решать — не бояться трудностей, преодолевать их во имя достижения поставленной цели.

2. Умение работать в коллективе (доверять и, если это необходимо, помогать своим коллегам).

3. Уметь применять свои знания и навыки — на основе знаний формируются умения и навыки. Получив знания, человек должен использовать их на практике.

4. Умение относиться к трудностям в работе как к естественному положению дел, не бояться их, а активно преодолевать.

## 5. Умение самостоятельно организовать трудовой процесс.

От трудолюбия во многом зависит мера напряженности самоотдачи личности и идентификация с конкретным трудовым процессом.

Таким образом, трудолюбие является связующим сложным комплексом свойств и особенностей личности. В состав комплекса входят такие нравственно-волевые особенности, как любознательность и наблюдательность, сосредоточенность и терпение, умение осмыслить, спланировать, проконтролировать, и оценить результат труда.

Трудовая деятельность служит для человека не только средством удовлетворения его потребностей, но необходимой причиной развития его способностей как физических, так и духовных. Труд — это социальный процесс, в течение которого люди вступают в трудовые отношения друг с другом. В обществе человек трудится не только ради собственного блага, но и в интересах коллектива, общества. Можно сказать, что сущность трудолюбия заключается в сознательном направлении нравственных качеств личности к деятельному труду, то есть в стремлении правильно и наилучшим образом выполнить свою работу, реализовать трудовой и личностный потенциал.

## Литература

1. Сवादковский И. Ф. О воспитании трудолюбия у детей. М., 1959. с. 29.
2. Чернышевский Н. Г. Труд — жизненная потребность : Соч., т. 7. — М., 1960. С. 97.
3. Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 486.
4. Ожегов С. И. Словарь русского языка : ок. 57000 слов / под ред. Н. Ю. Шведовой. — 20-е изд., стереотип. — М. : «Русский язык», 1988. С. 346. ISBN 5-200-00313-X.
5. Философская энциклопедия / науч. совет изд-ва «Советская энциклопедия». Ин-т философии АН СССР; ред. Ф. В. Константинов. М. : Сов. энциклопедия, 1964. — Т. 3. «Коммунизм — наука». — 1964. С. 146.
6. Шаталова Н. И. Трудовой потенциал работника: проблемы функционирования и развития. Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 1998. — С. 151.
7. Стогний И. П. Трудолюбие как нравственное качество личности. Киев : Наукова думка, 1970. С. 20.
8. Мардахаев Л. В. Социальная педагогика. Словарь (П—Я). М. : Перспектива, 2011. С. 158. ISBN 978-5-98594-291-0.

9. Денисова Ю. С. Трудовая перегрузка работников — добрая воля или принуждение?// Социологические исследования. 2004, № 5; Зукерман М. Страна труголиков // Russian Forward. 2003. № 407 (31462). С. 12–18.
10. Розенталь М. М. Философский словарь. М. : Изд. иностр. лит., 1961. С. 23.
11. Чернецов П. И. Трудолюбие как социально-педагогическая проблема: Методологические основы его воспитания // Вестник Челябинского ун-та. Сер. 5, Педагогика. Психология. 2001. № 1. С. 13–31.
12. Ковалев С. М. Формирование социалистической личности. М., 1980. С. 28.
13. Даль В. И. Толковый словарь русского языка : иллюстрированное издание. М. : Эксмо, 2010. С. 797. ISBN 978-5-699-401338.



## Борьба с пылеобразованием при погрузо-разгрузочных работах на железнодорожном транспорте

---

Т. Н. Пригородова (научный руководитель – Н. П. Попова, канд. техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



**Д**ля любого производственного процесса характерно выделение вредных веществ в окружающую среду. Пылевое загрязнение атмосферы не только вредит, но и вызывает скорое старение механизмов, а также может стать причиной взрыва. Особого внимания в решении проблемы пылевого загрязнения заслуживает обеспыливание производств, связанных с переработкой сыпучих материалов. Основными источниками пылевого загрязнения атмосферы служат

предприятия энергетической, машиностроительной, горнодобывающей, металлургической промышленности, заводы по производству строительных материалов, железнодорожный транспорт. Общими источниками выбросов пыли этих видов производств остаются погрузо-разгрузочные пункты, на которых запыленность воздушной среды превышает допустимые нормы. Проведенные автором исследования рабочего места машиниста вагоноопрокидывателя показали, что при разгрузке вагона с углем ПДК пыли превышен в десять раз (условия проведения измерений: температура воздуха – 21 °С, относительная влажность воздуха – 60 %, атмосферное давление – 735 мм рт. ст.).

Профзаболевания, вызванные вредным воздействием физических факторов (шум, электромагнитное поле, световая среда и т. д.),



занимают первое место по количеству зарегистрированных случаев болезней [1] (рис. 1). Автором ранее проведены исследования вопроса обеспечения безопасных условий труда на рабочем месте при высоком уровне шума [2]. Обеспечение допустимых условий труда возможно в первую очередь при снижении уровня шума в источнике. Пятая часть от общего числа профзаболеваний вызвана промышленными аэрозолями. В качестве основных причин болезней выделяется несовершенство технологических процессов (44 % всех случаев профессиональных заболеваний) и конструктивные недостатки средств труда (39 %).

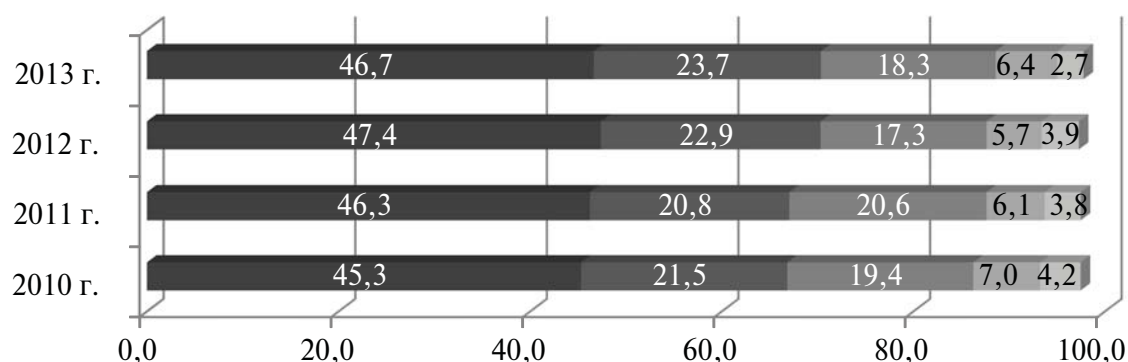


Рис. 1. Структура профессиональных заболеваний в зависимости от воздействия вредных производственных факторов, 2010–2013 гг., %

■ — заболевания, связанные с воздействием физических факторов;  
 ■ — заболевания, связанные с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем; ■ — заболевания, вызванные воздействием промышленных аэрозолей; ■ — заболевания (интоксикации), вызванные воздействием химических факторов;  
 ■ — заболевания, вызванные действием биологических факторов

В 2013 г. около 60 % от всего вагонного парка составляли полувагоны (530 тыс. ед.), транспортирующие сыпучие и крупнокусковые грузы (каменный уголь, кокс, руды, щебень) [3]. Статистика перевозок пылящих грузов по железным дорогам РФ представлена на рис. 2. Среднее количество перевозимых пылящих грузов по ОАО «РЖД» составляет около 35 % (435 млн т).

Вагоны как источники пыления имеют большую протяженность (до 15 м и более) и труднодоступны с точки зрения размещения вблизи них средств пылеулавливания. Пыление с разной интенсивностью происходит по всей длине вагона. Для эффективной локализации выбросов следует обеспечить удаление запыленного воздуха по всей длине источника.

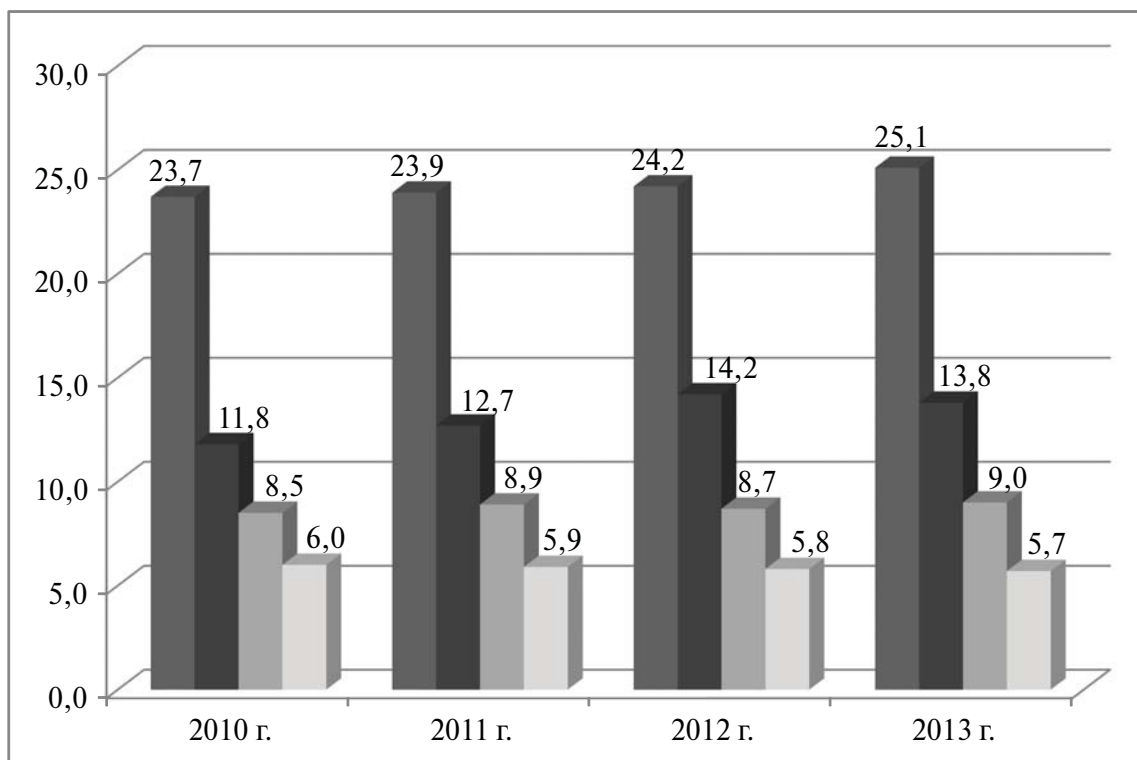


Рис. 2. Виды перевозимых пылящих грузов по железным дорогам РФ в 2010–2013 гг.

■ — каменный уголь; ■ — строительные грузы; ■ — руда железная;  
■ — черные металлы

Организованные места перегрузок оборудуются течками (трубы, желоба), снижающими количество выбросов пыли. Удалить пыль от такого места производства работ проще из-за ее локализации. В пунктах массовой разгрузки сыпучих и крупнокузовых грузов на железнодорожных станциях, подъездных путях предприятий широко применяются вагонопрокидыватели. При выгрузке сыпучего материала за короткое время резко возрастает концентрация пыли в воздухе, которая заполняет весь объем разгрузочного пункта, просачивается через неплотности и распространяется на прилегающую территорию. Большее загрязнение атмосферы наблюдается при открытой установке вагонопрокидывателей. Неорганизованные места перегрузок ничем не оборудуются, разгрузка вагонов осуществляется посредством открытия люков. В момент высыпания груза обслуживающий персонал находится в зоне разгрузки, что, во-первых, небезопасно, во-вторых, крайне вредно из-за обильного пылевыведения.

Неудовлетворительные условия труда и состояние воздушной среды, вызванные высокой запыленностью воздуха на пунктах разгрузки, обусловлены:

низкой надежностью применяемых локализирующих устройств;  
высокой энергоемкостью аспирационных систем, отрицательно влияющей на режимы их эксплуатации;

отсутствием эффективных решений по обеспыливанию неорганизованных мест разгрузки.

Среди существующих способов борьбы с пылеобразованием при погрузо-разгрузочных работах можно выделить:

максимальную герметизацию пылящего оборудования;

увлажнение образующейся пыли;

устройство аспирации;

уборку помещений и оборудования от осевшей пыли (влажная уборка и с помощью пылесосных установок).

Аспирация (сухой метод борьбы с пылевыделением) — универсальный способ удаления загрязнения.

Места загрузки железнодорожных вагонов сыпучими материалами располагаются, как правило, на подъездных путях промышленных предприятий. Каждый погрузочный узел требует сооружения аспирационной установки с закладкой резервного оборудования для обеспечения бесперебойной работы аспирации. Капитальные затраты на устройство автономных систем аспирации велики, кроме того, для размещения систем требуются большие производственные площади.

Для решения проблемы необходимо создание устойчиво работающих протяженных отсосов и централизованных систем, имеющих высокую степень надежности при переменном переключении отсосов [4]. Скорость следует поддерживать достаточной для транспортирования пыли по всей длине всасывающего устройства и обеспечить равномерное удаление запыленного воздуха по всей длине разгружаемого вагона. Для поддержания необходимой для предупреждения отложения пыли скорости в протяженном воздуховоде предполагается использовать закрученный поток воздуха, который можно сформировать за счет тангенциального входа воздуха в отсос. Попыткой реализации поставленных задач является разработка протяженного отсоса постоянного или конического сечения с тангенциальным входом воздуха (рис. 3), что позволит предотвратить отложение пыли в зонах отсоса посредством закручивания потока воздуха в воздуховоде-отсосе.

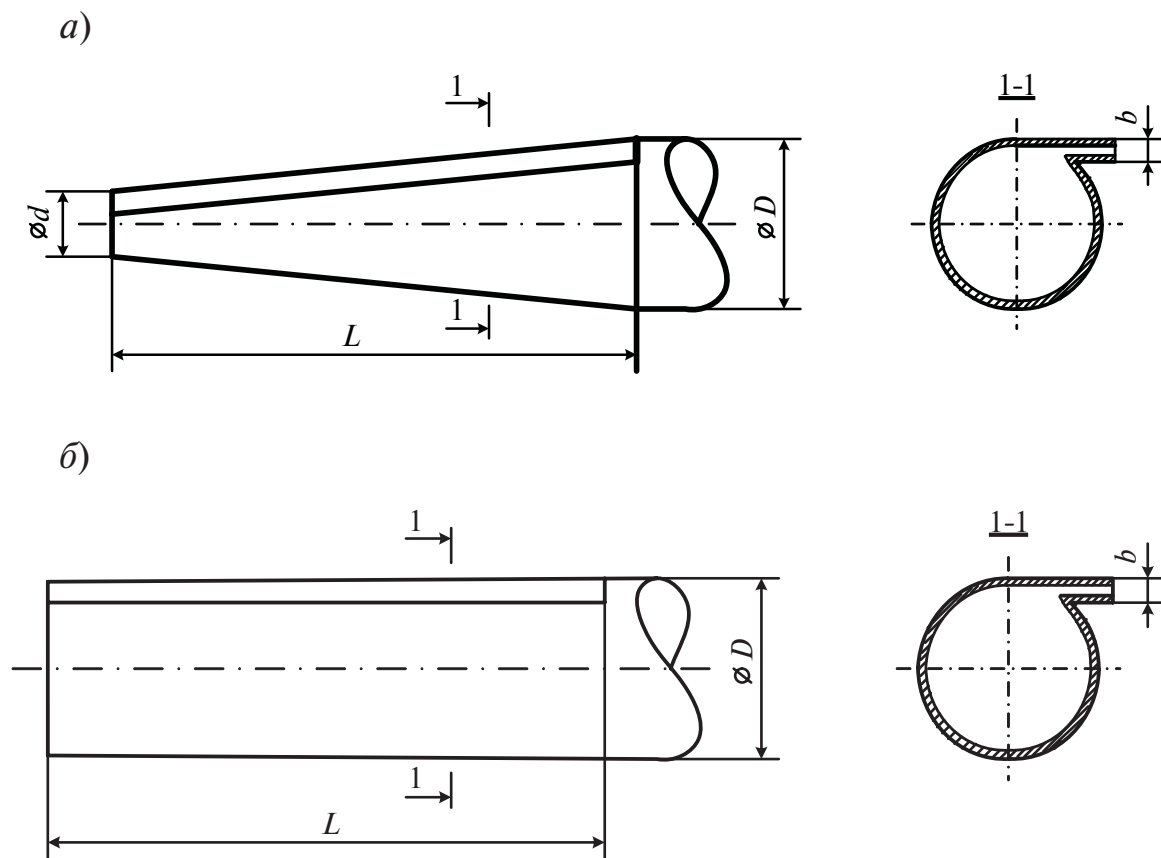


Рис. 3. Протяженный щелевой отсос с тангенциальным входом воздуха  
*а* – конической формы; *б* – цилиндрической формы

Предлагаемое устройство может быть размещено на открытой площадке возле источника пылеобразования, в бункере, в качестве составной части вагоноопрокидывателя и т. д. Схемы размещения протяженного отсоса представлены на рис. 4.

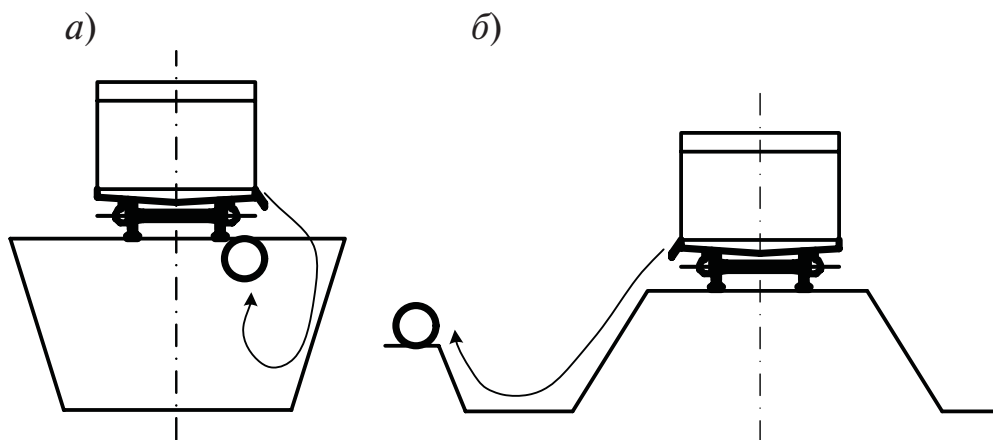


Рис. 4. Схемы размещения протяженного отсоса  
*а* – в бункере; *б* – на открытой площадке

Ниже представлен процесс движения закрученного потока, происходящий в пылеприемном устройстве — протяженном вытяжном воздуховоде цилиндрической формы с приращением расхода по всей его длине.

Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с тангенциальным входом приведена на рис. 5. Для описания исследуемого процесса использована теорема о количестве движения массы [5], согласно которой сумма проекций всех сил, приложенных к струе на любом участке, равна приращению проекции секундного количества движения на этом участке. Торцевые части контрольных поверхностей проведены нормально к направлению потока. На контрольные поверхности 1-1 и 2-2 действуют силы давления  $P_1$  и  $P_2$ , нормальные к рассматриваемым сечениям площадью  $F$ . К боковой поверхности приложена сила трения  $P_{тр}$ , направленная параллельно потоку, против него. Проекция на ось  $OX$  силы давления на элементарной площадке  $P_n$ , через которую идет подсос воздуха внутрь протяженного отсоса, равна нулю. Тогда уравнение проекций на ось  $OX$  равнодействующей внешних сил  $\sum Q$  для выделенного объема будет выглядеть следующим образом (1), (2):

$$\sum Q = P_1 F - P_2 F - P_{тр}; \quad (1)$$

$$\sum Q = P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx, \quad (2)$$

где  $\tau_0$  — касательное напряжение, Па;  $dx$  — расстояние между сечениями 1-1 и 2-2, м;  $R$  — радиус поперечного сечения отсоса, м.

Изменение количества движения массы  $d(MV)$  выделенного объема во времени  $dt$  в проекциях на ось  $OX$  определяется согласно формуле (3):

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_n \cos \beta dL_n, \quad (3)$$

где  $\rho$  — плотность среды, кг/м<sup>3</sup>;  $\overline{V_1}$ ,  $\overline{V_2}$  — средние скорости в сечениях потока 1-1 и 2-2 соответственно, м/с;  $V_n$  — скорость подмешиваемого воздуха, м/с;  $\beta$  — угол между направлением скорости подмешиваемого к основному потоку воздуха и осью  $OX$ , град;  $L_n$  — объемный расход подмешиваемого воздуха, м<sup>3</sup>/с.

Расход подмешиваемого воздуха равен произведению скорости всасывания воздуха в щель  $V_{щ}$  шириной  $b$  и площади самой щели. Тогда уравнение изменения количества движения массы во времени примет вид (формула (4)):

$$\frac{d(MV)}{dt} = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_n \cos \beta V_{u\beta} b dx. \quad (4)$$

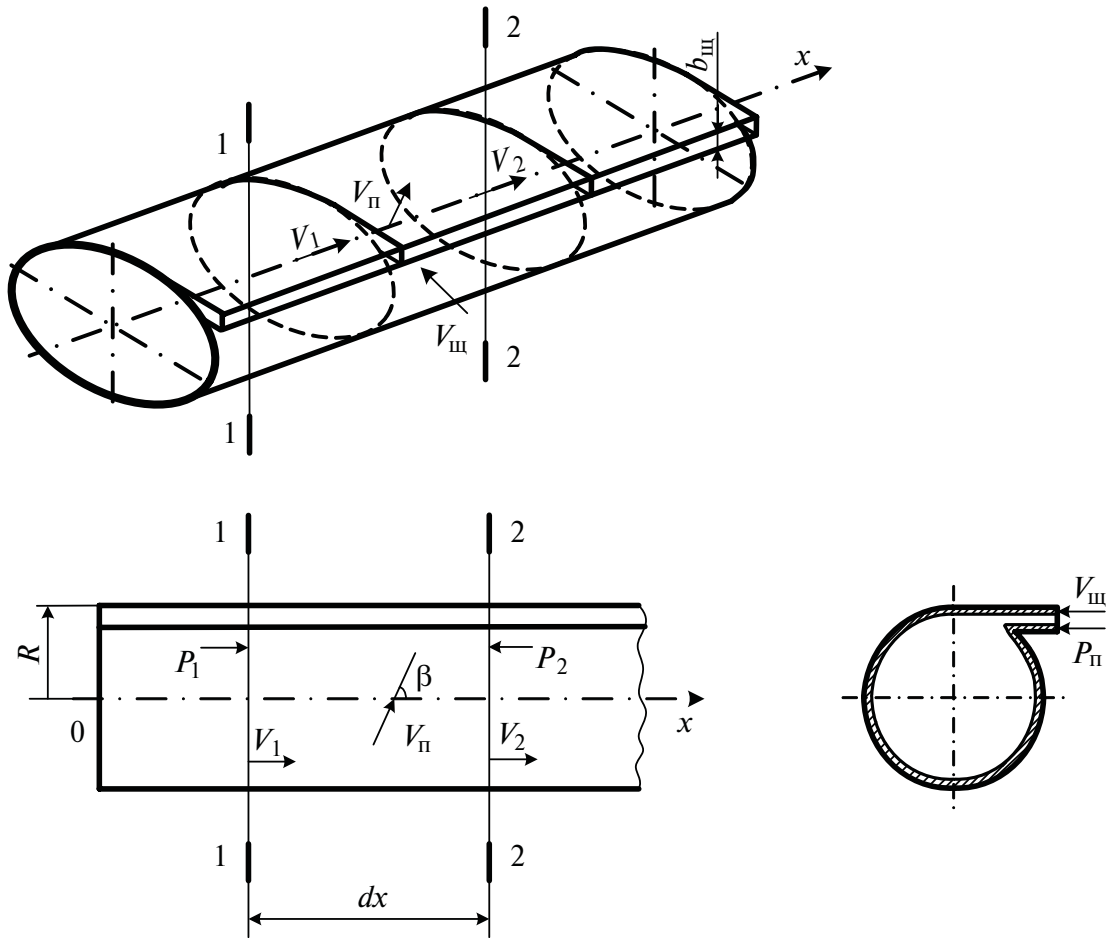


Рис. 5. Расчетная схема протяженного отсоса цилиндрической формы с закрученным потоком воздуха

Согласно уравнению количества движения, равнодействующая внешних сил равна изменению количества движения. Формула (5) отражает это требование:

$$P_1 F - P_2 F - \tau_0 2\pi R dx = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_n \cos \beta V_{u\beta} b dx. \quad (5)$$

Для рассматриваемого объема воздуха уравнение преобразуется следующим образом (формула (6)):

$$(P_1 - P_2) F - 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \tau_0 dx = \rho F (\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{u\beta} b dx. \quad (6)$$

Касательное напряжение:



$$\tau_0 = \frac{\lambda \rho V_{\text{пр}}^2}{8}, \quad (7)$$

где  $V_{\text{пр}}$  — скорость движения воздуха в пристенном слое отсоса, м/с;  $\lambda$  — коэффициент сопротивления трения, зависящий от шероховатости стенок воздуховода.

При замене касательного напряжения в выражении (6) уравнение изменит вид (формулы (8)–(9)):

$$(P_1 - P_2)F = 2\pi R \int_{x_1}^{x_2} \frac{\lambda \rho V_{np}^2}{8} dx + \rho F(\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{uc} b dx; \quad (8)$$

$$(P_1 - P_2)F = \frac{\pi R \lambda \rho}{4} \int_{x_1}^{x_2} V_{np}^2 dx + \rho F(\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}) - \rho \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{uc} b dx. \quad (9)$$

При делении правой и левой частей уравнения (9) на площадь поперечного сечения отсоса  $F$  потери давления в протяженном отсосе составят

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_n \cos \beta V_{uc} b dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{np}^2 dx - \rho(\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}). \quad (10)$$

Если принять допущение о постоянстве скорости всасывания в щель, то она будет равна скорости подмешиваемого воздуха. Тогда выражение (10) примет следующий вид:

$$P_2 - P_1 = \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{uc}^2 \cos \beta b dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{np}^2 dx + \rho(\overline{V_2^2} - \overline{V_1^2}). \quad (11)$$

Для протяженного воздуховода равномерного всасывания конической формы (рис. 6) уравнение количества движения получено аналогично отсосу постоянного сечения (формула (5)). Но в отличие от последнего, проекция на ось  $P_{\text{п}}$  не равна нулю. Изменение количества движения массы выделенного объема во времени в проекциях на ось  $OX$ :

$$\begin{aligned} P_1 F - P_2 F + P_n \sin \alpha b dx - \tau_0 2\pi R dx = \\ = \rho \overline{V_2^2} F - \rho \overline{V_1^2} F - \rho V_n \cos \beta V_{uc} b dx, \end{aligned} \quad (12)$$

где  $\alpha$  — угол конуса, град.

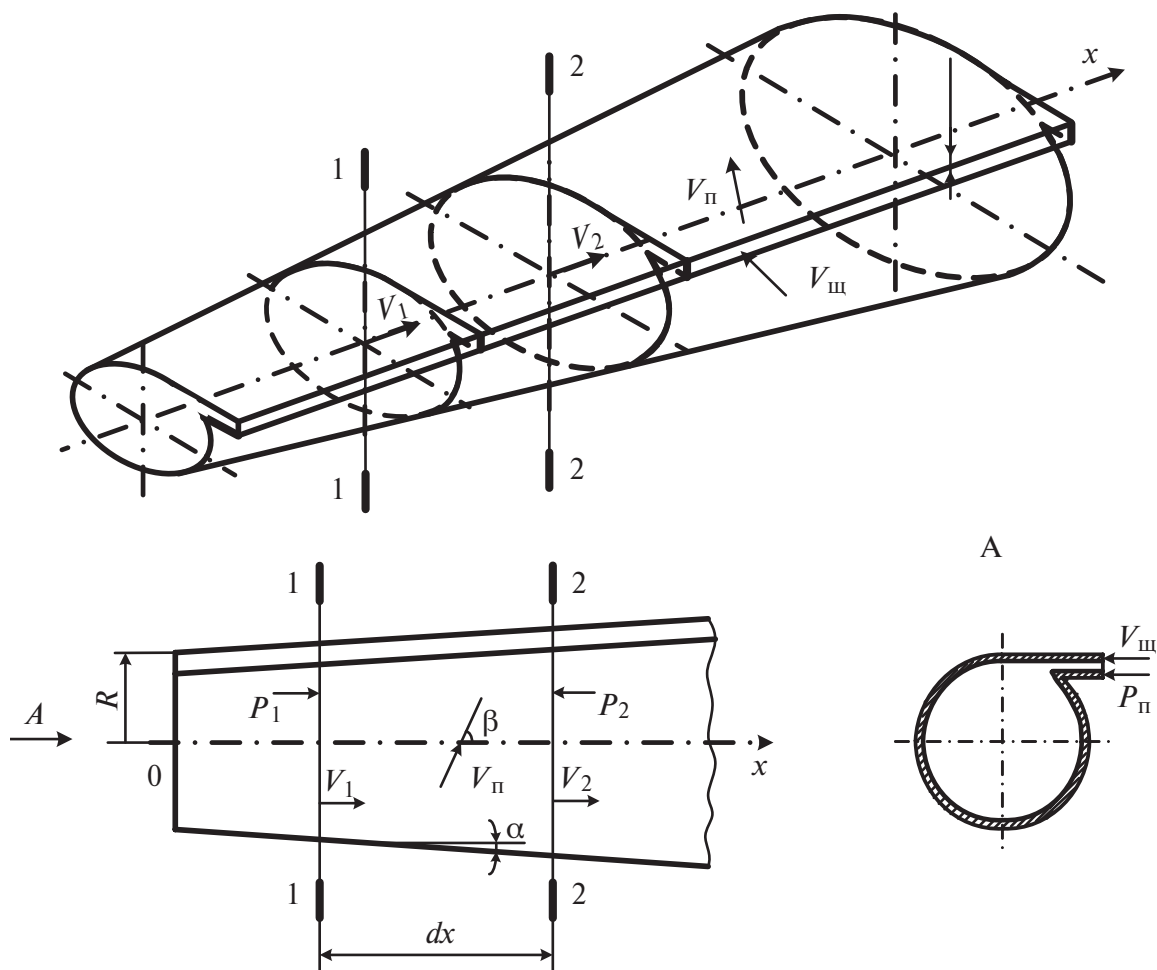


Рис. 6. Расчетная схема протяженного отсоса конической формы с тангенциальным входом воздуха

После небольших преобразований выражения (12) потери давления в воздуховоде конической формы будут равны:

$$\begin{aligned}
 P_2 - P_1 = & \rho(\overline{V_1^2} - \overline{V_2^2}) + \frac{\rho}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{ш}}^2 b \cos \beta dx - \\
 & - \frac{b}{\pi R^2} \int_{x_1}^{x_2} P_n \sin \alpha dx - \frac{\lambda \rho}{4R} \int_{x_1}^{x_2} V_{\text{пр}}^2 dx.
 \end{aligned} \quad (13)$$

Таким образом, потери давления в протяженном отсосе с тангенциальным входом воздуха зависят от скорости воздуха в отсосе, его радиуса, ширины щели, угла между скоростью подмешивающегося воздуха и осевой скоростью, оформления входа.

В общем случае потери давления в воздуховоде определяются по формуле (14) [6]:

$$P_2 - P_1 = \zeta \frac{\rho V^2}{2}, \quad (14)$$

где  $\zeta$  — коэффициент местного сопротивления отсоса, отнесенный к скорости  $V$ .

Определив экспериментально коэффициент  $\zeta$  в зависимости от параметров, влияющих на него, из формул (11), (13), можно рассчитать параметры отсоса и определить его сопротивление. Скорость движения воздуха в пристенном слое требует дополнительного экспериментального определения, т. к. в данном отсосе создается вращательное движение.

Таким образом, создание комфортных условий труда при погрузо-разгрузочных работах возможно при использовании устройств аспирации. Предложенная модель местного отсоса позволяет удалить загрязненный воздух по всей длине источника пыления. Тангенциальное оформление входа обеспечивает подкручивание поступающего воздуха для предотвращения возможных отложений пылевых масс внутри воздуховода, что позволит увеличить срок службы вентиляционного оборудования.

## Литература

1. Государственные доклады: «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2013 году». URL: <http://rospotrebnadzor.ru> (дата обращения: 10.10.2014).
2. Пригородова (Власова) Т. Н. Эффективность применения звукопоглощающей облицовки на примере учебных лабораторий // Перспектива. 2011. Вып. 96 (179). С. 42–55.
3. Отчетность компании : годовые отчеты компании. URL: <http://ir.rzd.ru> (дата обращения: 19.01.2014).
4. Попова Н. П., Олифер В. Д., Финогенова Н. Ю. Локализация пылевыведений от протяженных источников // Комплексное решение вопросов охраны труда : юбилейный сб. научных работ Института охраны труда в г. Екатеринбурге. Екатеринбург, 2002. С. 45–48.
5. Абрамович Г. Н. Прикладная газовая динамика. М. : «Наука». 1976. С. 34–37.
6. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции : учеб. пособие для вузов. М. : Стройиздат, 1979. С. 75.

## Содержательная характеристика субъектности личности студента колледжа в аспекте социально-психологической адаптации

---

Н. С. Трофимова (научный руководитель – Р. В. Овчарова, д-р психолог. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



**Ж**елезнодорожной отрасли требуются специалисты качественно нового уровня, обладающие глубокими теоретическими знаниями и хорошими практическими навыками, способные быстро адаптироваться к трудовой деятельности и пройти путь профессионального становления, что определяется сформированной личностью профессионала как субъекта труда. Предприятия железнодорожного транспор-

та испытывают острую потребность в квалифицированных кадрах со средним специальным образованием. Современные условия глобализации, модернизации, реформирования, информатизации нацеливают университетские комплексы на формирование личности профессионала как субъекта труда, у которого должны быть сформированы субъектные свойства личности (субъекта самосознания, общения, деятельности).

Мы понимаем под субъектностью системное качество студента, который успешно адаптируется к новым условиям обучения, овладевает при этом разнообразными видами и формами учебно-профессиональной деятельности, осваивает социальное пространство и формирует гармоничные отношения с окружающими и при этом способен к осознанному и целенаправленному преобразова-

нию себя. Субъектность проявляется в различных сферах: учебно-профессиональной деятельности, общении и самосознании и определяет успешность социально-психологической адаптации студента колледжа.

В соответствии с целями и задачами эмпирического исследования мы использовали следующие методики: индивидуально-типологический опросник (ИТО) Л.Н. Собчик для исследования базовых свойств личности; метод экспресс-диагностики субъектности личности подростков (МЭДОС-2) Р.В. Овчаровой, диагностирующих уровень развития свойств субъекта самосознания, общения и деятельности; методика диагностики социально-психологической адаптации К. Роджерса и Р. Даймонд, адаптированная Т. В. Снегиревой для определения ее уровней и особенностей; метод социометрии Дж. Морено для определения социального статуса студентов; прогрессивные матрицы Равенна для исследования уровня интеллектуального развития; школьный тест умственного развития (ШТУР) К. М. Гуревича, М. К. Акимовой, Е. М. Борисовой, В. Г. Захаровой, В. Т. Козловой, Г. П. Логиновой для диагностики умственного развития студентов.

Эмпирическое исследование взаимосвязи между показателями социально-психологической адаптации, субъектности личности и индивидуальных качеств личности осуществлялось методом корреляционного анализа. Наблюдается большая плотность тесных прямых связей между показателями социально-психологической адаптации и уровнями субъектности личности студента-первокурсника колледжа: субъекта самосознания — 14 связей, субъекта общения — 16 связей и субъекта учебно-профессиональной деятельности — 6 связей (при  $p < 0,01$  и  $p < 0,001$ ).

Наличие значимых прямо пропорциональных и обратно пропорциональных связей говорит, что высокий уровень субъектности самосознания, общения и деятельности определяется активностью, общительностью, стремлением к активной самореализации, самоутверждению и независимости, расширению круга контактов, предприимчивостью, настойчивостью, критичностью, склонностью к рефлексии, готовности к сопереживанию и стремлении к эмоциональной вовлечённости.

С целью анализа корреляций множества признаков и прояснения влияния скрытых причин применен метод факторного анализа. Анализ полученных факторных дисперсий и матриц позволил выделить и обобщить показатели в следующие факторы.

Фактор 1 — личностная зрелость: способность субъекта адаптироваться к новым условиям окружающей среды, активно действовать в изменившихся условиях, принятие себя и других, эмоциональный комфорт, ожидание внутреннего контроля. Данный фактор проявляется в качествах личностной зрелости, так как в числе критериев — чувство собственного достоинства и умение уважать себя и других, понимание себя и своих проблем, стремление справиться с ними, уравновешенность.

Фактор 2 — личностная незрелость: отсутствие способности субъекта адаптироваться к новым условиям окружающей среды, неприятие себя, неприятие других, ожидание внешнего контроля. Данный фактор проявляется в отсутствие адаптационных механизмов, неприятие себя и других, наличие «защитных барьеров» в осмыслении своего актуального опыта, кажущееся решение проблем, то есть решение их на субъективном психологическом уровне, в собственном представлении, а не в действительности, пассивность, конфликтные отношения с окружающими.

Фактор 3 — высокий уровень субъектности самосознания: высокий уровень субъектности самосознания и низкий уровень субъектности самосознания с отрицательным знаком. По нашему мнению, данный фактор отражает субъекта имеющего гармоничный образ «Я», адекватную самооценку, осознающего себя и свой социальный статус в социальном пространстве, умеющего адекватно реагировать на социальную ситуацию.

Фактор 4 — экстраверсия — объединяет шкалы экстраверсии и интроверсии с отрицательным знаком. Данные шкалы позволяют интерпретировать результаты (с учётом отрицательного знака второго компонента) следующим образом: обращённость в мир реально существующих объектов и ценностей, открытость, общительность, стремлению к расширению круга контактов.

Фактор 5 — интеллектуальные способности к учебно-профессиональной деятельности: шкала обучаемости, трактуемая как восприимчивость обучаемого к обучению и накоплению опыта, лёгкость и темп овладения разнородными знаниями, широта их переноса в новые условия и интеллект характеризуемого как устойчивая структура умственных способностей; способность адаптироваться к новой информации и ситуации; способность извлекать пользу из опыта.

Фактор 6 — адаптивная наступательность — включил шкалу агрессии, отражающий активную саморегуляцию, стеничность и наступательность; шкалу ригидности, характеризующуюся настойчивостью,



соревновательностью, повышенному стремлению к отстаиванию своих взглядов и принципов; шкалу спонтанности проявляющуюся в раскрепощённости, предприимчивости.

Фактор 7 — высокий уровень субъектности деятельности — содержит показатель высокого уровня субъектности деятельности, который говорит, что субъект является инициатором и организатором деятельности, обеспечивая качественные и своевременные результаты; показатель среднего уровня субъектности деятельности с отрицательным знаком, который позволяет интерпретировать его как активного субъекта учебно-профессиональной деятельности с высокой учебной мотивацией, умеющий работать самостоятельно.

Фактор 8 — высокий уровень субъектности общения: средний уровень субъектности самосознания, средний и высокий уровни субъектности общения. Фактор проявляется в способности к взаимодействию на субъект-субъектном уровне, т. к. субъект имеет развитые коммуникативные способности и способен успешно овладеть социальными ролями.

Фактор 9 — адаптивная тревожность: показатель тревожности, который объясняется как осторожность в принятии решений, сверхответственность и сензитивность характеризующаяся чувствительностью, вдумчивостью, склонностью к рефлексии.

Фактор 10 — высокий социальный статус: показатель высокого социального статуса субъекта; означает, что процесс адаптации успешен у людей с высоким социальным статусом (социометрическая звезда, предпочитаемый, принятый). Представленные показатели взаимно коррелируют, образуя связный граф, то есть увеличение (уменьшение) значений одного из показателей будет в основном приводить к увеличению (уменьшению) значений другого показателя.

Итак, с помощью факторного анализа были доказаны десять факторов субъектности личности студента: личностная зрелость, личностная незрелость, высокий уровень субъектности самосознания, общения и деятельности, экстраверсия, интеллектуальные способности к учебно-профессиональной деятельности, адаптивная тревожность, адаптивная наступательность и высокий социальный статус.

Наличие большого количества прямо пропорциональных связей между показателями социально-психологической адаптации и уровнями субъектности личности свидетельствует, что высокий уровень субъектности самосознания, общения и деятельности обуславливает успешную адаптацию к новым условиям обучения, низкий уровень субъектности самосознания, общения и деятельности определяет

дезадаптация студента первокурсника. Из этого следует, что субъектность личности студента-первокурсника колледжа может быть представлена субъектной и объектной позициями.

Субъектная позиция представлена на рис. 1.

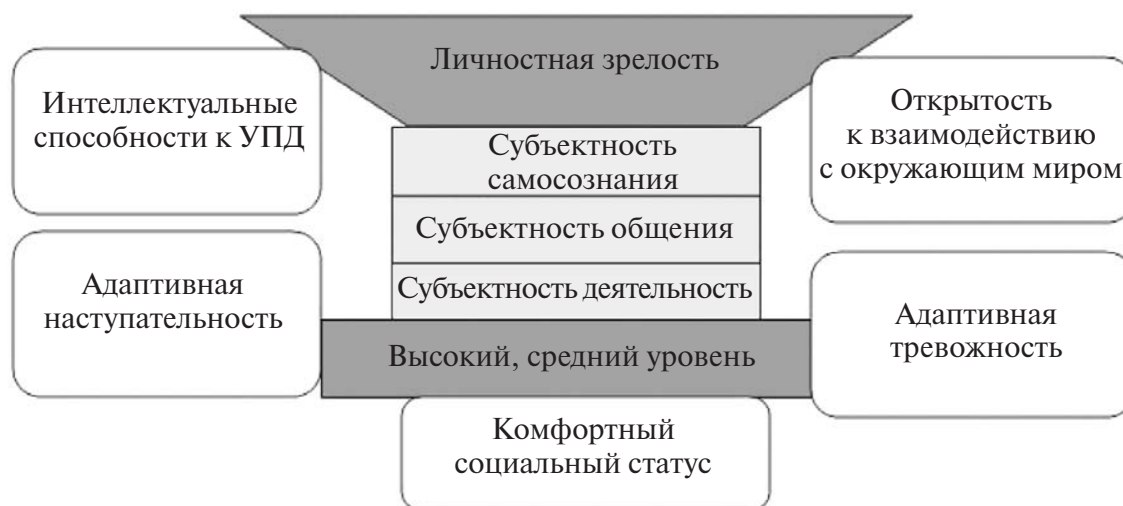


Рис. 1. Факторная структура субъектности личности студента колледжа (субъектная позиция)

Системообразующим фактором субъектности личности будет высокий уровень самосознания, общения и деятельности. В ядро структуры входит личностная зрелость, объединяющая в себе способность к активной адаптации в новых условиях среды, принятие себя и других, внутренний контроль. Также субъектную позицию определяют наличие комфортного социального статуса, открытость к взаимодействию с окружающим миром, адаптивная наступательность (активная самореализация, настойчивость, соревновательность, раскрепощённость, предприимчивость), адаптивная тревожность, высокий уровень способностей к учебно-профессиональной деятельности.

Объектная позиция представлена на рис. 2.

В данном случае системообразующим фактором выступает низкий уровень субъектности самосознания, общения и деятельности. Личностная незрелость, входящая в ядро этой структуры, содержит отсутствие способности субъекта адаптироваться к новым условиям обучения, неприятие себя и других, ожидание внешнего контроля. Объектность характеризуется закрытостью к взаимодействию с окружающим миром, низким социальным статусом, низким уровнем способностей к учебно-профессиональной деятельности, высоким уровнем адаптивной тревожности и низким уровнем адаптивной

наступательности, проявляющуюся в данном случае в пассивности и отсутствием стремления к самореализации.



Рис. 2. Факторная структура субъектности личности студента колледжа (объектная позиция)

Таким образом, использование методов корреляционного и факторного анализа позволило нам определить факторную структуру субъектности личности студента колледжа и выделить субъектную и объектную позиции.

#### Источники

1. Загвязинский В. И. Методология и методы психолого-педагогического исследования. — М. : Академия, 2005. — 208 с.
2. Наследов А. Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных. СПб : Речь, 2004. — 392 с.
3. Овчарова Р. В. Практическая психология образования. М. : Академия, 2008. — 448 с.
4. Проблема субъекта в психологической науке / отв. ред. А. В. Брушлинский, М. И. Володикова, В. Н. Дружинин. — М. : Академический проект, 2000. — 320 с.
5. Трофимова Н.С. Исследование взаимосвязи социально-психологической адаптации и субъектности личности студента колледжа // Педагогическое образование в России. — Екатеринбург : УрГПУ. 2013. №3. С. 116—121.

## Установление зависимости параметров шероховатости поверхности деталей от технологических условий обработки при обкатке роликом

---

А. Е. Тютнев (научный руководитель – А. К. Остапчук, канд. техн. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



Установление взаимосвязи параметров качества поверхностного слоя деталей с режимами и условиями их обработки всегда представляло собой не только важную научную, но и практическую задачу. Одним из эффективных методов достижения требуемого качества поверхностного слоя деталей является их отделочно-упрочняющая обработка выглаживанием и обкаткой.

Целью экспериментальных исследований является установление зависимости математического ожидания параметров шероховатости от условий обработки, называемых далее факторами.

Задача планирования эксперимента заключается в определении функции отклика факторов, которая в общем случае аналитически выражается в виде математической модели.

Приборы и оборудование, использовавшееся в эксперименте: заготовка валик цилиндрической формы, диаметром 43 мм, материал – сталь 45 ГОСТ 4345–88; профилограф-профилометр; токарный станок с ЧПУ 1И611; накатник механического типа, однороликовый, с возможностью поворота оси ролика в вертикальной плоскости; ролик цилиндрической формы, диаметр 70 мм, профильный радиус 40 мм, материал – сталь ХВГ ГОСТ 5950–88.

Конструкция накатника представлена на рис. 1.

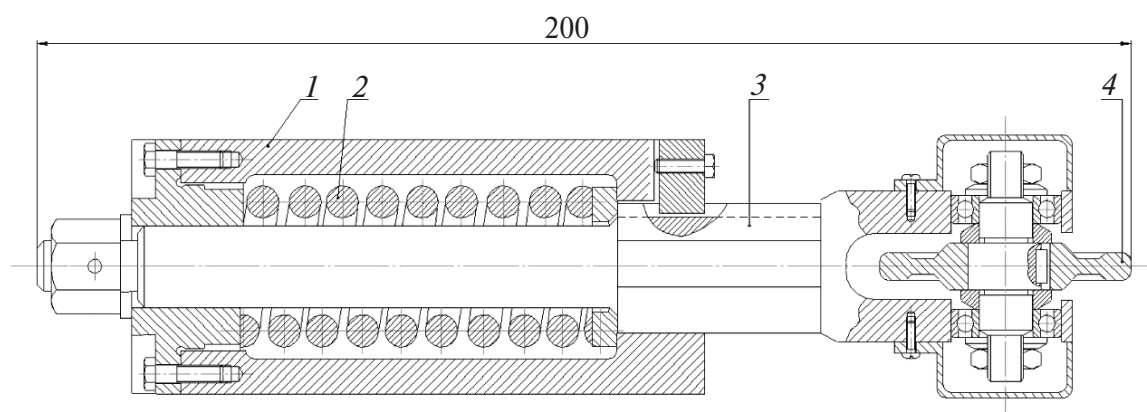


Рис.1. Однороликовая накатка конструкции  
завода «Электросила» им. С. М. Кирова  
1 – цилиндр; 2 – пружина; 3 – державка; 4 – ролик

#### Планирование эксперимента

В исследованиях проводится полный трехфакторный эксперимент с варьированием факторов на двух уровнях, позволяющий описать процесс линейной моделью, включающей также взаимодействие факторов. В исследованиях используется экспериментальный план типа  $2^3$ , где  $N = 3$  – число факторов, 2 – число уровней их варьирования.

Зависимость параметров шероховатости от условий обработки обычно выражается степенной моделью:

$$R_a = C(X_i)^{a_i}. \quad (2)$$

Линеаризация путем логарифмирования зависимости (2) позволяет перейти к линейной модели:

$$\ln R_a = \ln C + a_i \sum_{i=1}^N X_i. \quad (3)$$

Для трехфакторного эксперимента – выборочное уравнение регрессии:

$$M(Y) = b_0 + \sum_{i=1}^3 b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + b_{1.2.3} x_1 x_2 x_3, \quad (4)$$

где  $b_0, b_i, b_j, b_{1.2.3}$  – выборочные коэффициенты регрессии, которые можно получить, пользуясь результатами эксперимента;  $x_1, x_2, x_3$  –

независимые переменные (факторы), которыми можно варьировать при постановке эксперимента.

Цель исследований в настоящей работе – выявить влияние усилия накатывания (нормальной силы)  $P$ , подачи  $S$ , угла поворота ролика в вертикальной плоскости  $\alpha$  на шероховатость поверхности получаемой при обкатывании роликом.

В работе проведен полный факторный эксперимент  $2^3$ .

Для перевода натуральных переменных в кодовые  $x_i$  заполняется таблица 1 кодирования факторов на двух уровнях.

Таблица 1

### Кодирование факторов

Интервал варьирования и уровень факторов	Обозначение	Нормальная сила $P$ , кН	Подача, $S$ , мм/об	Угол поворота $\alpha$ , град
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
Нулевой уровень	0	0,50	0,496	15
Интервал варьирования	$\delta_i$	0,25	0,495	15
Нижний уровень	-1	0,25	0,01	0
Верхний уровень	+1	0,75	1,0	30

Связь между кодовым и натуральным выражением факторов:

$$x_i = \frac{X_i - x_{i0}}{\delta_i}, \quad (5)$$

где  $X_i$  – натуральное значение фактора;  $x_{i0}$  – значение  $i$ -го фактора на нулевом уровне.

Матрица планирования эксперимента  $2^3$  представлена в таблице 2.

Таблица 2

### Матрица планирования $2^3$

Опыт	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$X_1X_2X_3$
1	+	–	–	–	+	+	+	–
2	+	+	–	–	–	–	+	+
3	+	–	+	–	–	+	–	+
4	+	+	+	–	+	–	–	–
5	+	–	–	+	+	–	–	+



Окончание табл. 2

Опыт	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$X_1X_2X_3$
6	+	+	—	+	—	+	—	—
7	+	—	+	+	—	—	+	—
8	+	+	+	+	+	+	+	+
9	+	0	0	0	0	0	0	0
10	+	0	0	0	0	0	0	0

При проведении данного эксперимента на шероховатость поверхности оказывают влияние не только  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$ , но и ряд других факторов, в первую очередь жесткость и вибрации системы, исходная шероховатость. Чтобы внести элемент случайности влияния этих факторов на результат эксперимента, устанавливается случайный порядок постановки опытов во времени (рандомизация). Рандомизированная матрица представлена в таблице 3.

Таблица 3

### Рандомизированная матрица

Опыт	Точка плана	$P$ , кН	$S$ , мм/об	$\alpha$ , град
1	1	0,25	0,01	0
2	4	0,75	1,0	0
3	3	0,25	1,0	0
4	9	0,50	0,496	15
5	8	0,75	1,0	30
6	5	0,25	0,01	30
7	10	0,50	0,496	15
8	6	0,75	0,01	30
9	2	0,75	0,01	0
10	7	0,25	1,0	30

Деталь — валик — разбивается радиальными канавками на десять участков, каждый из которых обрабатывается по плану эксперимента. Для каждого исследуемого участка необходимо взять выборку из  $n$  измерений.

## Обработка результатов экспериментов

Среднее арифметическое значение шероховатости и среднеквадратическая ошибка в каждой точке плана рассчитываются по формулам:

$$X_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_j - x_i)^2}{n-1}}, \quad (6)$$

Результаты измерений и расчетов  $Ra_j$  и  $S_j$  представлены в таблице 4.

Таблица 4

### Протокол результатов измерений и расчетов $Ra_j$ и $S_j$

Точка плана	Значения замеров, мкм						$Ra_j$ , мкм	$S_j$ , мкм
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	$h_5$	$h_6$		
1	0,60	0,62	0,59	0,63	0,61	0,60	0,608	0,015
2	0,18	0,20	0,18	0,21	0,19	0,22	0,195	0,016
3	1,10	1,12	1,10	1,11	1,12	1,11	1,110	0,009
4	0,39	0,37	0,36	0,37	0,37	0,35	0,368	0,013
5	0,54	0,52	0,54	0,55	0,53	0,51	0,53	0,015
6	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,10	0,108	0,010
7	0,92	0,90	0,95	0,94	0,92	0,90	0,922	0,020
8	0,37	0,35	0,35	0,34	0,34	0,36	0,352	0,012
9	0,34	0,36	0,35	0,36	0,34	0,34	0,348	0,010
10	0,35	0,36	0,36	0,34	0,36	0,35	0,355	0,009

Дисперсии выборки  $S_1^2, S_2^2, \dots, S_m^2$  несколько отличаются друг от друга, поэтому необходимо проверить гипотезу о том, что это различие дисперсий носит случайный характер. Оценка производится по критерию Кохрена:

$$G = \frac{S_{j\max}^2}{\sum_{j=1}^m S_j^2} \leq G(0,05; f_j; f_m), \quad (7)$$

где 0,05 – уровень значимости (5 %);  $f_m = m = 10$  – число независимых оценок дисперсии;  $f_i = n - 1 = 6 - 1 = 5$  – число степеней свободы каждой оценки; значение критерия Кохрена  $G(0,05; 5; 10) = 0,3029$ .

$$\frac{S_{j\max}^2}{\sum_{j=1}^m S_j^2} = \frac{0,020^2}{2 \cdot 0,015^2 + 0,016^2 + 2 \cdot 0,009^2 + 0,013^2 + 2 \cdot 0,010^2 + 0,020^2 + 0,012^2} = 0,2246.$$

Исследуемый процесс считается воспроизводимым, так как выполняется неравенство:  $0,2246 < 0,3029$ .

Дисперсия воспроизводимости и ее степени свободы определяются следующим образом:

$$S_{\text{воспр}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m S_j^2}{m}}, f_{\text{воспр}} = m(n-1), f_{\text{воспр}} = 10(6-1) = 50, \quad (8)$$

$$S_{\text{воспр}} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^m S_j^2}{m}} = \sqrt{\frac{0,001781}{10}} = 0,0133 \text{ мкм.}$$

В случае воспроизводимости процесса коэффициенты регрессии рассчитываются по следующим зависимостям:

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^m x_0 X_j}{m}, \quad b_i = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} X_j}{m}, \quad b_{il} = \frac{\sum_{j=1}^m x_{ij} x_{il} X_j}{m}, \quad (9)$$

$$b_0 = \frac{4,193}{10} = 0,4193;$$

$$b_1 = \frac{-0,608 + 0,195 - 1,110 + 0,368 - 0,53 + 0,108 - 0,922 + 0,352}{10} = -0,2147;$$

$$b_2 = \frac{-0,608 - 0,195 + 1,110 + 0,368 - 0,53 - 0,108 + 0,922 + 0,352}{10} = 0,1311;$$

$$b_3 = \frac{-0,608 - 0,195 - 1,110 - 0,368 + 0,53 + 0,108 + 0,922 + 0,352}{10} = -0,0369;$$

$$b_{12} = \frac{+0,608 - 0,195 - 1,110 + 0,368 + 0,53 - 0,108 - 0,922 + 0,352}{10} = -0,0477;$$

$$b_{13} = \frac{+0,608 - 0,195 + 1,110 - 0,368 - 0,53 + 0,108 - 0,922 + 0,352}{10} = 0,0163;$$

$$b_{23} = \frac{+0,608 + 0,195 - 1,110 - 0,368 - 0,53 - 0,108 + 0,922 + 0,352}{10} = -0,0039;$$

$$b_{123} = \frac{-0,608 + 0,195 + 1,110 - 0,368 + 0,53 - 0,108 - 0,922 + 0,352}{10} = 0,0181.$$

Оценка значимости каждого коэффициента проводится с помощью критерия Стьюдента  $t_{кр}$ . Половина длины доверительного интервала:

$$\Delta b = \frac{t_{кр} S_{воспр}}{\sqrt{m}}, \quad (10)$$

где  $t_{кр}(0,05;10) = 2,23$  – критическое значение критерия Стьюдента при 5%-ном уровне значимости  $f_m = m = 10$ :  $t_{кр}(0,05;10) = 2,2281$ .

$$\Delta b = \frac{2,2281 \cdot 0,0133}{\sqrt{10}} = 0,0094.$$

Коэффициент значим, если его абсолютная величина больше половины длины доверительного интервала:

$$|b_i| \geq \Delta b. \quad (11)$$

Коэффициент регрессии  $b_{23}$  оказался незначимым. Выборочное уравнение регрессии, только с учетом значимых коэффициентов, имеет вид

$$Ra = 0,4193 - 0,2147 \cdot P + 0,1311 \cdot S - 0,03169 \cdot \alpha - 0,0477 \cdot S \cdot P + 0,0163 \cdot P \cdot \alpha + 0,0181 \cdot S \cdot P \cdot \alpha.$$

С помощью полученной модели построены поверхности отклика (рис. 2–4).

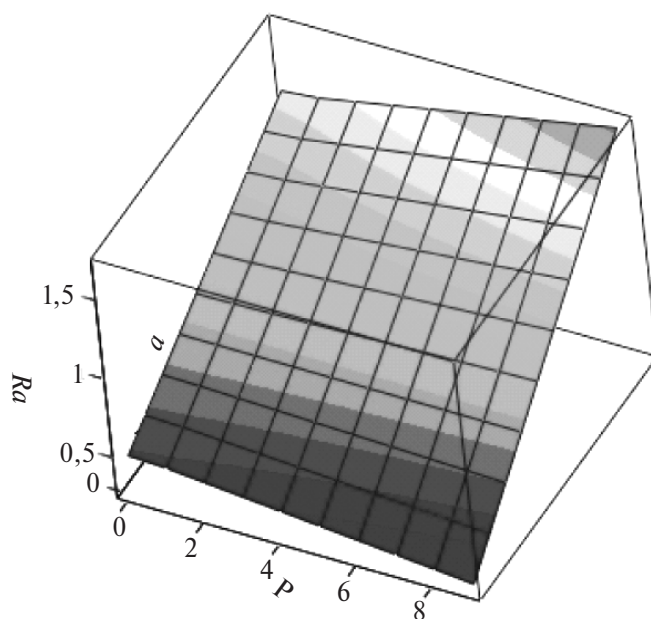


Рис. 2. Поверхность отклика при  $S = 0,50$  мм/об

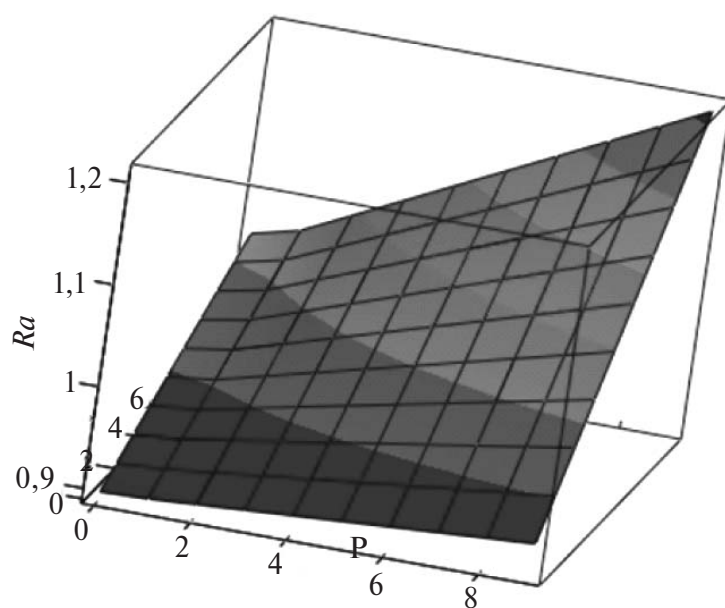


Рис. 3. Поверхность отклика при  $\alpha = 15 \text{ \AA}$

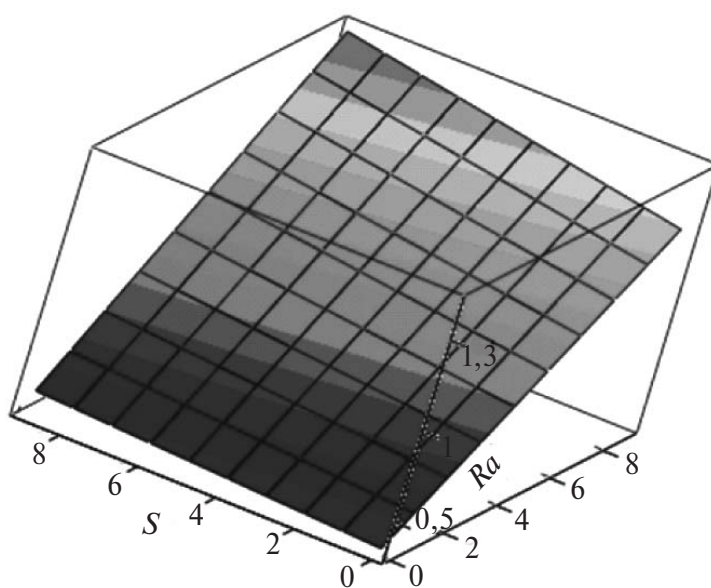


Рис. 4. Поверхность отклика при  $V = 40 \text{ м/мин}$

#### Проверка адекватности модели и анализ результатов

Для проверки гипотезы об адекватности представления результатов эксперимента найденному уравнению регрессии, достаточно оценить отклонение, предсказанное уравнением регрессии  $M(Ra)$  от результатов эксперимента  $Ra_j$  в различных точках факторного пространства.

Рассеяние результатов эксперимента относительно уравнения регрессии характеризуется с помощью остаточной дисперсии адекватности при числе степеней свободы  $f_{ад}$ :

$$S_{ад}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (X_j - M(R_a))^2}{m - z}, f_{ад} = m - z, \quad (12)$$

где  $z = 8$  — число коэффициентов регрессии, вычисленное по результатам опытов независимо друг от друга.

Результаты расчетов представлены в таблице 5 и на рис. 5.

Таблица 5

### Проверка адекватности линейной модели

Опыт	$Ra_j$	$M(Ra)$	$[Ra - M(Ra)]^2$
1	0,608	0,569	0,002
2	0,195	0,172	0,001
3	1,110	1,066	0,002
4	0,368	0,391	0,001
5	0,532	0,493	0,002
6	0,108	0,141	0,001
7	0,922	0,954	0,002
8	0,352	0,412	0,004
9	0,348	0,382	0,001
10	0,353	0,382	0,001
		5	0,016

$$S_{ад}^2 = \frac{0,016}{10 - 8} = 0,008, f_{ад} = m - z, f_{ад} = 10 - 8 = 2.$$

Проверка гипотезы об адекватности модели производится с использованием критерия Фишера  $F$ . Модель адекватна, если выполняется условие:

$$\frac{S_{ад}^2}{S_m} \leq F(0,05; f_{ад}; f_m), \quad (13)$$

где  $F(0,05; f_{ад}; f_m) = 4,1$  — критерий Фишера при 5%-ном уровне значимости.

$$\frac{S_{ад}^2}{S_m} = \frac{0,008}{0,0133} = 0,61 \leq 4,1.$$



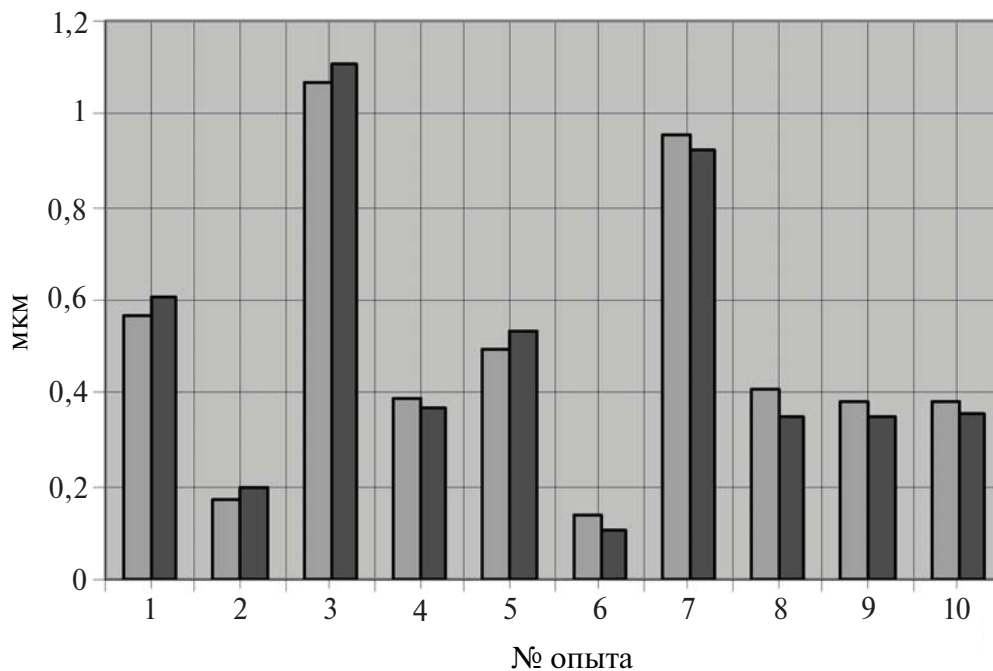


Рис. 5. Диаграмма сравнения полученных значений шероховатости поверхности моделированием и измерениями реальной поверхности  
 —  $Ra$  модель;  —  $Ra$  поверхность

Условие выполняется, следовательно, модель адекватна результатам эксперимента.

Как видно из уравнения регрессии, наиболее существенное влияние на значение шероховатости поверхности оказывают сила обкатывания и подача. Причем при увеличении силы обкатывания шероховатость снижается, а при увеличении подачи повышается. Угол поворота ролика в вертикальной плоскости оказывает незначительное влияние на шероховатость. Эти результаты вполне подтверждают теоретические положения в данном диапазоне параметров.

Однако теория ППД свидетельствует, что зависимости шероховатости поверхности от подачи и силы обкатывания экстремальны и существуют критические значения  $S$  и  $P$ , после которых характер зависимости меняется вследствие изменения механических и физических свойств металла. Критические значения  $S$  и  $P$  различны для каждого материала. Они определяются эмпирическим путем. Анализируя зависимость шероховатости от подачи и силы обкатывания, можно выявить области, в которых значительное изменение исследуемых параметров не вызывает соответствующего изменения шероховатости. Однако нерациональное назначение этих режимов необоснованно снижает производительность процесса обработки

и увеличивает затраты. Поэтому при назначении режимов обработки возникает вопрос о поиске оптимальных по производительности значений параметров.

### Литература

1. Блохин В. Г., Глудкин О. П., Гуров А. И., Ханин М. А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. М. : Радио и связь, 1997. 232 с.
2. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М. : Машиностроение, 1981. 184 с.
3. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М. : Машиностроение, 1987. 208 с.
4. Колесников К. С., Баландин Г. Ф., Дальский А. М. Технологические основы обеспечения качества машин. М. : Машиностроение, 1990. 256 с.
5. Статистические методы в инженерных исследованиях. Лабораторный практикум / под ред. Г. К. Круга. — М. : Высшая школа, 1983. 216 с.

## Системы технической диагностики и методы оценки их влияния на надёжность работы устройств железнодорожной автоматики и телемеханики

---

М. Л. Ускова (научный руководитель – С. В. Бушуев, канд. техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС), Екатеринбург

---



**Б**езопасность и бесперебойность железнодорожных перевозок — главные показатели эффективности перевозочного процесса. Особая ответственность в обеспечении бесперебойности возлагается на работу устройств железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), выполняющих проверку всех условий безопасности (свободность путевой секции, замкнутость стрелки, отсутствие враждебных маршрутов и др.) при управлении перевозочным процессом [1]. Поскольку на устройства ЖАТ возлагаются функции проверки безопасности, то и работа этих устройств должна иметь высокую надёжность и безотказность.

Для поддержания исправного состояния устройств ЖАТ помимо технического обслуживания по установленному план-графику используются средства диагностирования, непрерывно контролирующему их состояние [2]. На использовании систем диагностирования (АПК-ДК, АСДК СЕКТОР, АДК СЦБ) основана работа сетевых и дорожных центров мониторинга, функционирование которых направлено на сокращение отказов за счёт своевременного выявления предотказных состояний, уменьшения времени поиска и устранения отказов, а также на улучшение технического обслуживания устройств

при использовании автоматизации [3–5]. Автоматизация обслуживания устройств ЖАТ позволяет не только сократить трудозатраты до 20 %, но и уменьшает влияние человеческого фактора, что должно оказывать влияние на повышение надежности работы устройств [6].

Доля станций (на 1.01.2013), оборудованных системами технической диагностики и мониторинга (СТДМ), составила 32, перегонов — 25 % [7], что соответственно на 10 и 2 % больше по сравнению с 2011 г. В настоящее время центры технической диагностики и мониторинга работают на шести железных дорогах, до 2015 г. предусмотрено создание подобных центров еще на пяти дорогах [3, 4]. Системы диагностирования получают все большее распространение, а значит, должны оказывать влияние на надежность работы устройств ЖАТ.

В настоящее время это влияние определяют на основе качественной оценки; анализа частных случаев улучшения работы устройств ЖАТ; оценки экономической эффективности.

Качественная оценка рассматривает общие мнения, выводы о влиянии диагностики на показатели надежности работы устройств. При этом снижение количества отказов, сокращение времени технического обслуживания объясняется результатом эффективного использования средств диагностирования [5]. Но не стоит забывать, что улучшение параметров надежности работы устройств достигается не только за счет использования СТДМ. Работники дистанции модернизируют эксплуатируемые устройства, используют малообслуживаемое напольное оборудование, одновременно проводится обучения персонала. Безотказная работа устройств ЖАТ зависит от многих факторов, и качественная оценка не позволяет определить влияние СТДМ в эксплуатации.

Частные случаи также свидетельствуют, что при использовании средств диагностирования наблюдается повышение надежности работы устройств [8]. Снижение количества отказов при использовании СТДМ АПК-ДК отмечается и на высокоскоростной магистрали Санкт-Петербург — Москва, но это образцовые полигоны, частные случаи, и они не дают гарантии получения подобного результата на другом объекте.

Влияние диагностики определяют через экономический эффект от её использования [9], но для оценки экономического эффекта необходимы численные данные, информация по которым не всегда известна и доступна.

Таким образом, ни одно из существующих направлений не позволяет определить влияние средств диагностирования и разработка этого метода остается актуальной проблемой.

В настоящее время на сети железных дорог внедряется методология управления ресурсами, рисками и анализом надежности (УРРАН). Но УРРАН не учитывает влияние СТДМ на безотказность работы устройств ЖАТ. В методологии диагностика не выделяется в отдельный эталонный объект и не учитывается системой поправочных коэффициентов [10].

С использованием методологии УРРАН можно предложить метод, позволяющий оценить влияние СТДМ на основе сравнения показателей надежности работы устройств на станциях, оборудованных и не оборудованных диагностикой (рис. 1).

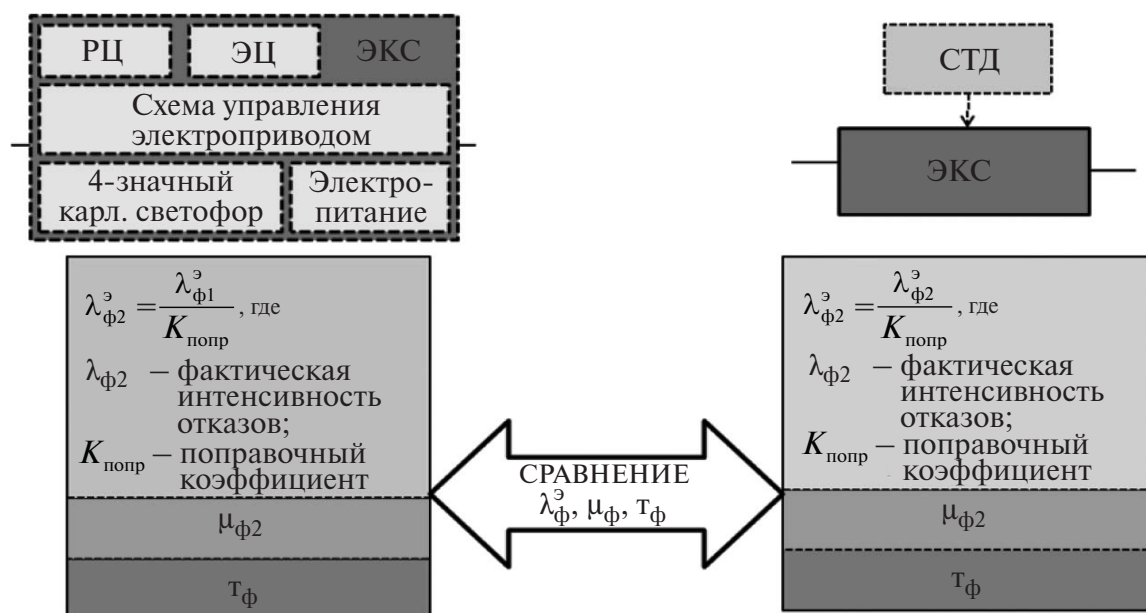


Рис. 1. Метод оценки влияния СТДМ с использованием методологии УРРАН

Сопоставить работу станций, оборудованных и не оборудованных диагностикой, можно по интенсивностям отказов ( $\lambda_{\phi}$ ), интенсивностям времени восстановления ( $\mu_{\phi}$ ) и по времени технического обслуживания ( $T_{\phi}$ ).

Сложность сравнения заключается в необходимости учета различных фактических условий эксплуатации ЖАТ и СТДМ. Поэтому к показателям интенсивностям отказов и времени восстановления в методологии УРРАН разработана система поправочных коэффициентов, учитывающая оснащенность ( $k_{\text{осн}}$ ), интенсивность движения ( $k_{\text{и}}$ ) и климатические условия эксплуатации ( $k_{\text{к}}$ ). К сожалению, о возможности применения поправочных коэффициентов к времени технического обслуживания в методологии ничего

не говорится. Для сравнения работы станций по времени технического обслуживания и интенсивностям времени восстановления возможна разработка дополнительных коэффициентов, учитывающих удаленность от центра, квалификацию обслуживающего персонала, укомплектованность дистанции техническими средствами и другие влияющие факторы.

С использованием предложенного метода появляется возможность оценить влияние СТДМ на надежность работы устройств ЖАТ при эксплуатации, а также расширить применение методологии УРРАН.

Для проверки влияния СТДМ на надежность устройств ЖАТ по предложенному методу сравним статистические данные параметров надёжности на одной из железных дорог за последние три года. Данные по отказам перегонных систем разделим на две группы: оборудованные и не оборудованные диагностикой, по отказам станционных систем — на три группы: релейные системы ЭЦ, оборудованные и не оборудованные диагностикой, и микропроцессорные системы (МПЦ), оснащенные диагностикой.

Влияние СТДМ при опробовании предложенного метода оценим сравнением интенсивностей отказов по выделенным группам. При этом ожидаем подтверждения следующих гипотез: системы, оснащенные СТДМ, за счет своевременного выявления предотказных состояний должны иметь меньшую интенсивность отказов, меньшее время поиска и устранения отказов; МПЦ являются резервируемыми системами со встроенными самопроверяемыми средствами диагностирования, поэтому должны иметь наименьшую интенсивность отказов среди всех выделенных групп ЭЦ [11].

Для выделенных групп станционных устройств определим среднюю фактическую интенсивность отказов  $\lambda_{\text{ф.ср}}$ , приведенную на 1 ЭКС, т. е. с учетом коэффициентов методологии УРРАН, и приведенную на стрелку без учета коэффициентов (1 С), с использованием выражений (1) и (2):

$$\lambda_{\text{ф.ср.1ЭКС}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{\text{ф.}i}}{N_i \cdot k_i}, \quad (1)$$

где  $n$  — число рассматриваемых станций;  $\lambda_{\text{ф.}i}$  — фактическая интенсивность отказов на  $i$ -й станции;  $N_i$  — число стрелок на  $i$ -й станции;  $k_i$  — поправочные коэффициенты для  $i$ -й станции, предлагаемые в методологии УРРАН;



$$\lambda_{\text{ф.ср.1С}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\lambda_{\text{ф.}i}}{N_i}. \quad (2)$$

Аналогично определим среднюю фактическую интенсивность отказов для выделенных групп перегонных устройств, приведенную на один эталонный блок-участок с учетом поправочных коэффициентов методологии УРРАН (1 ЭБУ) и на один блок-участок без учета коэффициентов (1 БУ).

Результаты средней фактической интенсивности отказов для перегонных и станционных систем показаны на рис. 2.

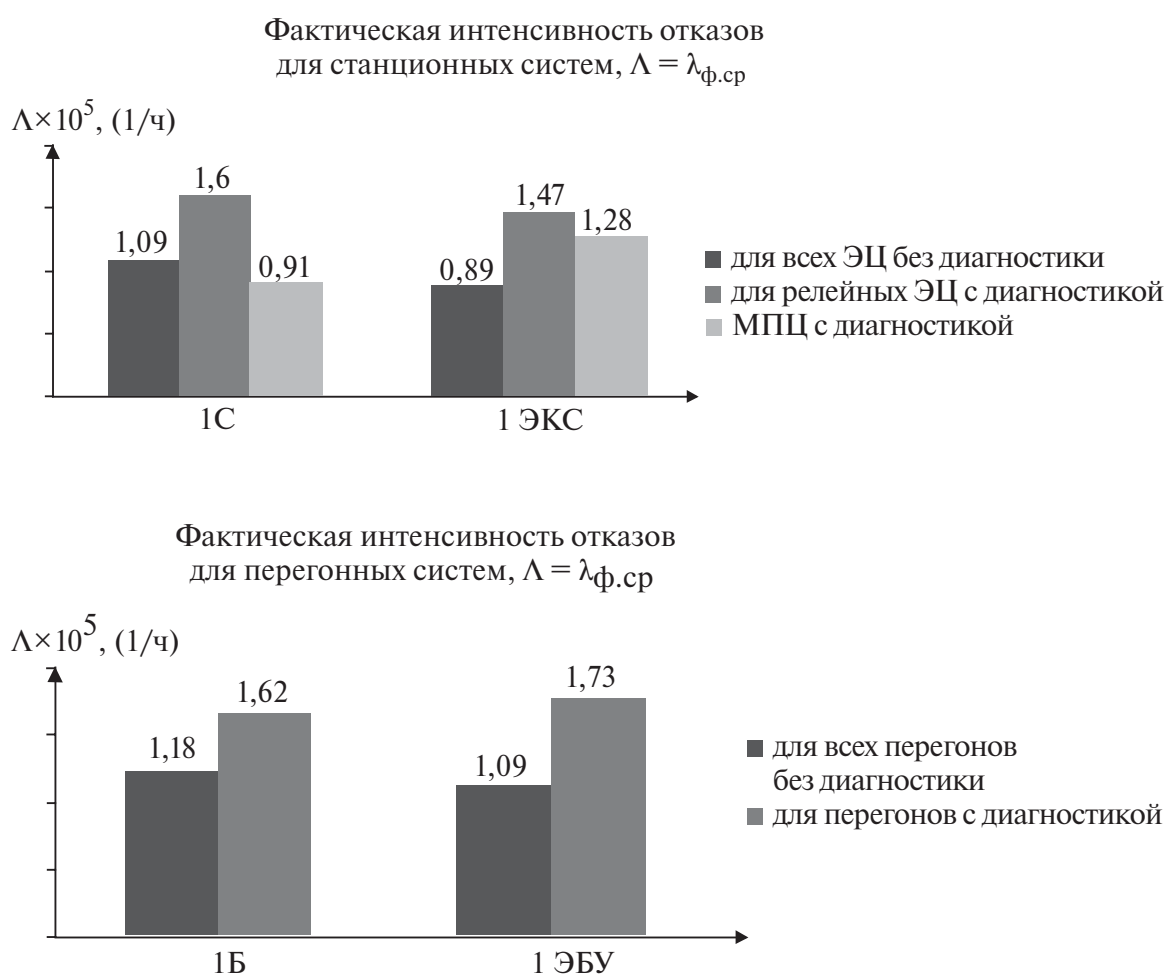


Рис. 2. Среднее значение фактической интенсивности отказов для перегонных и станционных систем

Полученные результаты средних фактических интенсивностей отказов для перегонных и станционных систем, оборудованных диагностикой, не подтверждают выдвинутые гипотезы, что можно

объяснить наличием неучтенных факторов, сильно действующих на интенсивность отказов.

Первым фактором может быть снижение качества обслуживания устройств из-за завышенного ожидания от использования диагностики на фоне более четкой фиксации фактов отказов. Средствами диагностирования выполняется только измерение и передача обслуживающему персоналу контролируемой информации о параметрах работы устройств для ее последующего анализа и выявления предотказных состояний, поэтому не стоит забывать, что за работников дистанций СЦБ никто не выполнит своевременного ремонта и замены оборудования, так как эти функции диагностика не выполняет.

Другим фактором высокой интенсивности отказов по данным статистики для систем, оборудованных диагностикой, может быть период послепусковой приработки. СТДМ внедряются при строительстве ЭЦ последние десять лет, а для построенных станций существует период приработки, который продолжается до пяти лет и характеризуется наибольшим числом отказов и дефектов [12].

Для проверки гипотезы о влиянии приработки на интенсивность отказов используем данные о времени строительства ЭЦ на станциях. На основе тех же данных и методики найдем интенсивности отказов для групп стрелок (станций) с учетом срока эксплуатации (построенных в разное время). Полученные значения средней интенсивности отказов, приведенной на стрелку по периодам строительства, изображены на рис. 3.



Рис. 3. Средняя интенсивность отказов на стрелку для всех ЭЦ

Интенсивности отказов, приведенные на стрелку по периодам строительства с разложением по типу ЭЦ и наличию СТДМ, показаны на рис. 4.



Рис. 4. Средняя интенсивность отказов на стрелку с разложением по типу ЭЦ и наличию СТДМ

Полученные результаты средних интенсивностей отказов СЖАТ, построенных с 2008 по 2012 г., не менее чем в три раза превышают значения интенсивностей на других интервалах строительства, что подтверждает наличие пятилетнего периода приработки [12]. С 1989-го по 2006-й гг. средняя интенсивность отказов по интервалам строительства остается практически неизменной, т. е. рис. 3 отображает информацию об интенсивностях отказов при эксплуатации на стадиях приработки и устойчивого режима.

Поскольку мы не знаем закон распределения интенсивностей отказов устройств ЖАТ на рис. 3, 4, то проверить гипотезу о влиянии приработки на интенсивность отказов можно статически с использованием непараметрического показателя – коэффициента Фехнера ( $K_{\phi}$ ), который позволяет оценить тесноту связи между двумя признаками ( $x$  и  $y$ ) [13]. Принимаем за  $y$  интенсивность отказов СЖАТ, за  $x$  – срок использования в эксплуатации. Для проверки гипотезы учитываем данные интенсивностей отказов (рис. 4) с разложением по типу ЭЦ и наличию диагностики, находящихся в эксплуатации не более пяти лет (2012–2008 гг.). Расчёт коэффициента основан на принципе сопоставления отклонений признаков  $y$  и  $x$  от среднего уровня ( $y_{ср}$ ,  $x_{ср}$ ). При оценке полученных результатов необходимо учитывать:

$K_{\phi}$  может принимать как положительные, так и отрицательные значения в пределах от  $[-1;1]$ ; при  $K_{\phi} = 0$  связь отсутствует; если  $K_{\phi} \in [-1;0]$ , то связь обратная, т.е. с увеличением или снижением  $x$  снижается или увеличивается  $y$ . В случае, когда  $K_{\phi} \in [0;1]$  – связь прямая, т.е. с увеличением или снижением  $x$  увеличивается или снижается  $y$ .

Для определения зависимости интенсивности отказов от времени эксплуатации СЖАТ сведём полученные результаты рис. 4 в таблицу.

### Расчётные данные для определения коэффициента Фехнера

$y_i$	$x_i$	Знаки отклонений		Год ввода в эксплуатацию
		$y_i - y_{\text{ср}}$	$x_i - x_{\text{ср}}$	
2,53	1	+	–	2012
1,72	2	–	–	2011
3,71	2	+	–	2011
3,80	2	+	–	2011
0,98	3	–	–	2010
7,92	3	+	–	2010
0,90	4	–	+	2009
0,75	4	–	+	2009
4,03	5	+	+	2008
1,30	5	–	+	2008
0	5	–	+	2008
$\Sigma = 27,64$	$\Sigma = 36$			
$y_{\text{ср}} = 2,51$	$x_{\text{ср}} = 3,27$			

Определим коэффициент Фехнера ( $K_{\phi}$ ) с использованием выражения (3):

$$K_{\phi} = \frac{C - H}{C + H}, \quad (3)$$

где  $C$  – число совпадений знаков отклонений;  $H$  – число несовпадений знаков отклонений.

Полученный коэффициент  $K_{\phi}$  ( $-0,45$ ) принадлежит интервалу  $[-1;0]$ , что подтверждает существование обратной связи между исследуемыми признаками. Обратная связь показывает, что при увели-

чении срока использования СЖАТ происходит уменьшение интенсивности отказов, тем самым статистически также подтверждается гипотеза о влиянии периода приработки на интенсивность отказов.

Результаты исследований свидетельствуют о влиянии приработки на интенсивность отказов, что, в свою очередь, подтверждает возможность использования предложенного метода для оценки влияния диагностики с использованием методологии УРРАН.

## Литература

1. Сапожников В. В., Сапожников Вл. В., Шаманов В. И. Надёжность систем железнодорожной автоматики телемеханики и связи. М. : Маршрут, 2003. 261 с.
2. Инструкция по технической эксплуатации устройств и систем сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) ЦШ-720-09. М., 2009.
3. Насонов Г. В. Цель — повышение надежности устройств ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. 2012. № 6. С. 2—4. ISSN 0005-2329.
4. Технологический процесс автоматизированного контроля параметров устройств СЦБ средствами технического диагностирования и мониторинга автоматизированной системы диспетчерского контроля АПК-ДК : сборник карт технологического процесса. М., 2013.
5. Пахомова Н. Развивать технологию диагностики и мониторинга // Автоматика, связь, информатика. 2011. № 3. С. 3—4. ISSN 0005-2329.
6. Насонов Г. Ф. Оптимизация невозможна без инноваций // Автоматика, телемеханика и связь. 2013. № 9. С. 2—5. ISSN 0005-2329.
7. Анализ состояния безопасности движения поездов, надежности работы систем и устройств ЖАТ в хозяйстве автоматики и телемеханики в 2012 году. М., 2013.
8. Ефанов Д. В. О методе выявления логических ситуаций в системах технической диагностики и мониторинга устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Вестник РГУПС. 2010. № 4. С. 66—70. ISSN 0201-727X.
9. Эффективность систем технической диагностики и мониторинга состояния устройств железнодорожной автоматики и телемеханики / Вл. В. Сапожников, А. А. Лыков, Д. В. Ефанов и др. //

Транспорт Российской Федерации. 2010. № 4 (29). С. 47–49. ISSN 1994-831X.

10. Управление ресурсами, рисками на этапах жизненного цикла и анализом надежности в хозяйстве железнодорожной автоматике и телемеханики. М., 2012.
11. Средства технической диагностики и удаленного мониторинга СТД-МПК / А. Б. Никитин, С. В. Бушуев, К. В. Гундырев и др. // Автоматика, телемеханика и связь. 2012. № 10. С. 6–8. ISSN 0005-2329.
12. Штульман Н. А. О надежности систем железнодорожной автоматике в период послепусковой приработки // Автоматика, телемеханика и связь. 1974. № 2. С. 18–21. ISSN 0005-2329.
13. Шмойлова Р. А., Минашкин В. Г., Садовникова Н. А. и др. Теория статистики. М. : Финансы и статистика, 2006. 655 с.



## Установление зависимости параметров шероховатости поверхности деталей от технологических условий обработки при выглаживании

---

А. И. Шашков (научный руководитель – А. К. Остапчук, канд. техн. наук), Курганский институт железнодорожного транспорта – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения» в г. Кургане

---



Установление взаимосвязи параметров качества поверхностного слоя деталей с режимами и условиями их обработки – важная научно-практическая задача [3, 4]. Одним из эффективных методов достижения требуемого качества поверхностного слоя деталей является их отделочно-упрочняющая обработка выглаживанием [5].

Цель экспериментальных исследований – установление зависимости математического ожидания параметров шероховатости от условий обработки, называемых далее факторами.

Задача планирования эксперимента заключается в определении функции отклика факторов, которая в общем случае аналитически выражается в виде математической модели.

Оборудование, использованное для исследования влияния условий обработки на шероховатость поверхности при выглаживании: заготовка – валик цилиндрической формы,  $\varnothing$  – 43 мм, материал – сталь закаленная 45 HRC 50...54, ГОСТ 1050–88; профилометр; токарный станок с ЧПУ 1И611; одноалмазная выглаживающая головка с радиусом индентора 3,5 мм. Конструкция выглаживателя представлена на рис. 1.

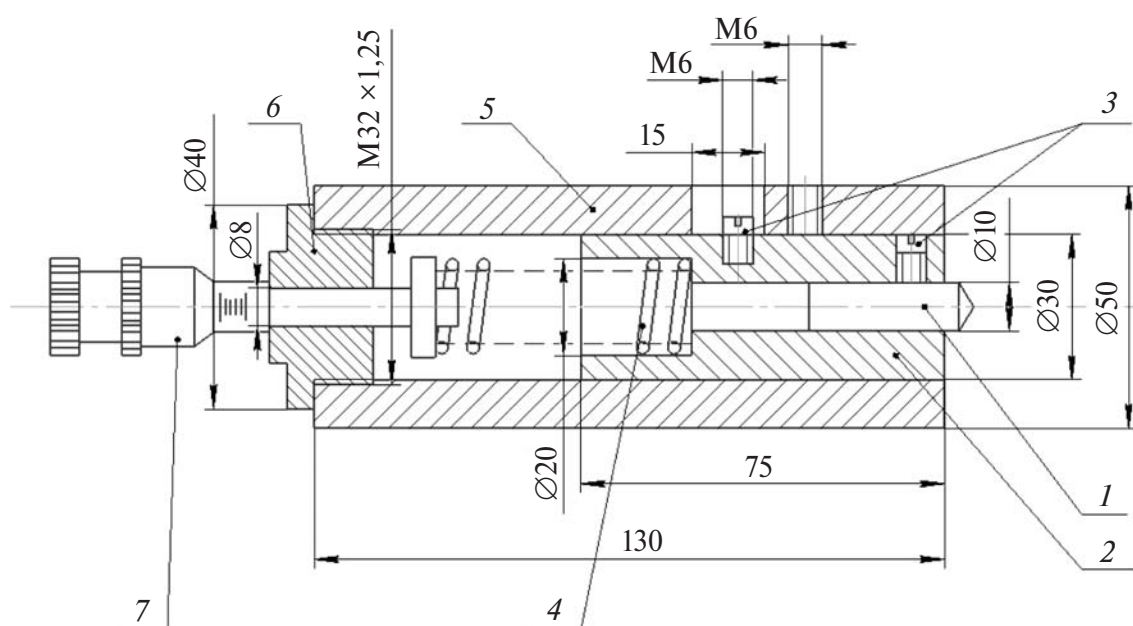


Рис. 1. Одноалмазная выравнивающая головка  
 1 – выравниватель; 2 – корпус выравнивателя; 3 – стопорный винт;  
 4 – пружина; 5 – державка; 6 – стопорная гайка;  
 7 – микрометрический винт

#### Планирование эксперимента

Предполагается, что исследуемый процесс можно описать полиномом 2-й степени.

Для установления многофакторной регрессионной модели процесса алмазного выравнивания, отражающей количественные связи между натягом, подачей, скоростью и параметром шероховатости  $Ra$  (мкм), был подготовлен некомпозиционный план второго порядка и поставлен эксперимент [1, 2].

Для перевода натуральных переменных в кодовые  $x_i$  необходимо заполнить таблицу 1 кодирования факторов на двух уровнях.

Таблица 1

#### Связь между кодовым и натуральным выражением факторов

Интервал варьирования и уровень факторов	Обозначение	Натяг Нз, мкм	Подача S, мм/об	Скорость V, м/мин
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
Нулевой уровень	0	0,50	0,02	40

Окончание табл. 1

Интервал варьирования и уровень факторов	Обозначение	Натяг Нз, мкм	Подача S, мм/об	Скорость V, м/мин
		$x_1$	$x_2$	$x_3$
Интервал варьирования	$\delta_i$	0,25	0,02	20
Нижний уровень	-1	0,25	0,1	20
Верхний уровень	+1	0,75	0,14	60

$$x_i = \frac{X_i - x_{i0}}{\delta_i}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – натуральное значение фактора;  $x_{i0}$  – значение  $i$ -го фактора на нулевом уровне. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2

### Связь между кодовым и натуральным выражением факторов

Опыт	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$X_{12}$	$X_{22}$	$X_{32}$
1	+	+	+	0	+	0	0	+	+	0
2	+	+	–	0	–	0	0	+	+	0
3	+	–	+	0	–	0	0	+	+	0
4	+	–	–	0	+	0	0	+	+	0
5	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	+	+	0	+	0	+	0	+	0	+
7	+	+	0	–	0	–	0	+	0	+
8	+	–	0	+	0	–	0	+	0	+
9	+	–	0	–	0	+	0	+	0	+
10	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	+	0	+	+	0	0	+	0	+	+
12	+	0	+	–	0	0	–	0	+	+
13	+	0	–	+	0	0	–	0	+	+
14	+	0	–	–	0	0	+	0	+	+
15	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Коэффициенты уравнения регрессии:

$$b_0 = \frac{1}{n_0} \sum_{i=1}^{n_0} y_{0i}, \quad (2)$$

$$b_i = A \cdot \sum_{i=1}^N x_{ij} y_j, \quad (3)$$

$$b_{iu} = D \cdot \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{uj} y_i, \quad (4)$$

$$b_{ii} = B \sum_{j=1}^N x_{ij}^2 \cdot y_j + C \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^N x_{ij}^2 \cdot y_j - \frac{1}{p \cdot n_0} \sum_{i=1}^{n_0} y_{0i}. \quad (5)$$

Дисперсные коэффициенты уравнений регрессии:

$$S^2 \{b_0\} = \frac{1}{n_0} \cdot S^2 \{y\}, \quad (6)$$

$$S^2 \{b_i\} = A \cdot S^2 \{y\}, \quad (7)$$

$$S^2 \{b_{iu}\} = D \cdot S^2 \{y\}, \quad (8)$$

$$S^2 \{b_{ij}\} = B1 \cdot S^2 \{y\}, \quad (9)$$

где  $A = 1/8$ ,  $B = 1/4$ ,  $B1 = 13/48$ ,  $C = -1/16$ ,  $D = 1/4$ ,  $p = 2$ ,  $n_0 = 3$ .

$S^2\{y\}$  определяем параллельным опытом в центре плана:

$$S^2 \{y\} = \frac{\sum_{u=1}^{n_0} (y_u - \langle y \rangle)^2}{n_0 - 1}. \quad (10)$$

Деталь — валик — разбивается радиальными канавками на десять участков, каждый из которых обрабатывается согласно плану эксперимента. Для каждого исследуемого участка необходимо взять выборку из  $n$  измерений (таблица 3).

Таблица 3

## Порядок выполнения эксперимента

Опыт	Натяг Нз, мкм	Подача S, мм/об	Скорость V, об/мин
1	75	0,14	40
2	75	0,1	40
3	20	0,14	40
4	20	0,1	40
5	50	0,12	40
6	75	0,12	60
7	75	0,12	20
8	25	0,12	60
9	25	0,12	20
10	50	0,12	40
11	50	0,14	60
12	50	0,14	20
13	50	0,1	60
14	50	0,1	20
15	50	0,12	40

## Обработка результатов экспериментов

Среднее арифметическое значение функции отклика в каждой точке плана и среднеквадратическое отклонение рассчитываются по формулам:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X - x_i)^2}{n-1}}. \quad (11)$$

Результаты измерений и расчетов  $Ra_j$  представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты измерений  $Ra_j$ 

Опыт	Натяг Нз, мкм	Подача S, мм/об	Угол поворота α, град	y (Ra)
1	75	0,14	40	0,239
2	75	0,1	40	0,110
3	20	0,14	40	0,260

Окончание табл. 4

Опыт	Натяг Нз, мкм	Подача $S$ , мм/об	Угол поворота $\alpha$ , град	$y$ ( $Ra$ )
4	20	0,1	40	0,112
5	50	0,12	40	0,130
6	75	0,12	60	0,197
7	75	0,12	20	0,149
8	25	0,12	60	0,212
9	25	0,12	20	0,160
10	50	0,12	40	0,136
11	50	0,14	60	0,211
12	50	0,14	20	0,147
13	50	0,1	60	0,054
14	50	0,1	20	0,046
15	50	0,12	40	0,132

Коэффициенты регрессий:

$$b_0 = 0,1330, b_3 = 0,0215, b_{21} = 0,0140,$$

$$b_1 = -0,0061, b_{12} = -0,0048, b_{11} = 0,0563,$$

$$b_2 = 0,0669, b_{13} = -0,0010, b_{22} = -0,0087,$$

$$b_{33} = -0,0095.$$

Таблица 5

Таблица для расчета  $S^2\{y\}$

№	$y$	$\langle y \rangle$	$(y - \langle y \rangle)^2$
5	0,130	0,13266	0,00000711
10	0,136		0,00001111
15	0,132		0,00000044

$$S^2\{y\} = 0,0000093.$$

Дисперсные коэффициенты уравнений регрессии рассчитаны с использованием таблицы 5:

$$S^2\{b_0\} = 0,0000031,$$



$$S^2\{b_i\} = 0,00000012,$$

$$S^2\{b_{iu}\} = 0,0000023,$$

$$S^2\{b_{ij}\} = 0,0000025.$$

Оценка значимости каждого коэффициента проводится с помощью критерия Стьюдента  $t_{кр}$ . Половина длины доверительного интервала:

$$\text{для } n_0 = 3; t = 4,3, \Delta b = \pm t \cdot S(b_i), \quad (12)$$

$$\Delta b_0 = \pm 0,0076,$$

$$\Delta b_i = \pm 0,0046,$$

$$\Delta b_{iu} = \pm 0,0066,$$

$$\Delta b_{ij} = \pm 0,0068.$$

Получаем уравнение зависимости  $Ra$  от скорости, натяга и подачи:

$$Ra = -0,251 - 0,00569 \cdot H_3 + 0,0000460 \cdot H_3^2 + 6,27 \cdot S_0 - 18,8 \cdot S_0^2 - 0,00089 \cdot V - 0,0000236 \cdot V^2 + 0,0326 \cdot S_0 \cdot V.$$

С помощью полученной модели были построены поверхности отклика (рис. 2–4).

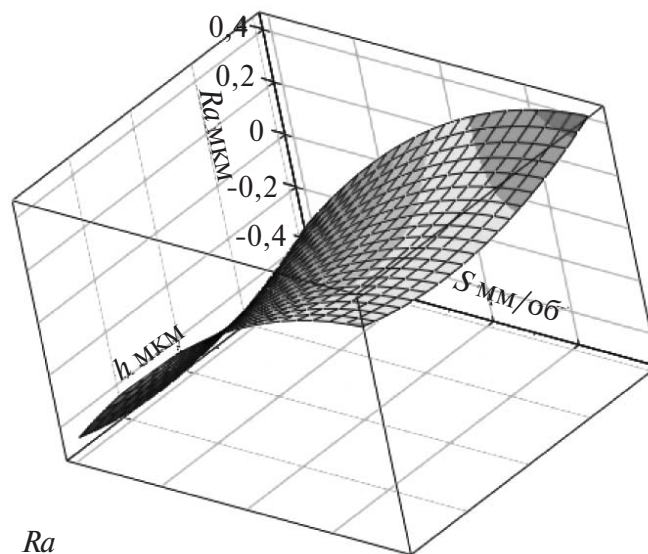


Рис. 2. Поверхность отклика при  $V = 40$  м/мин

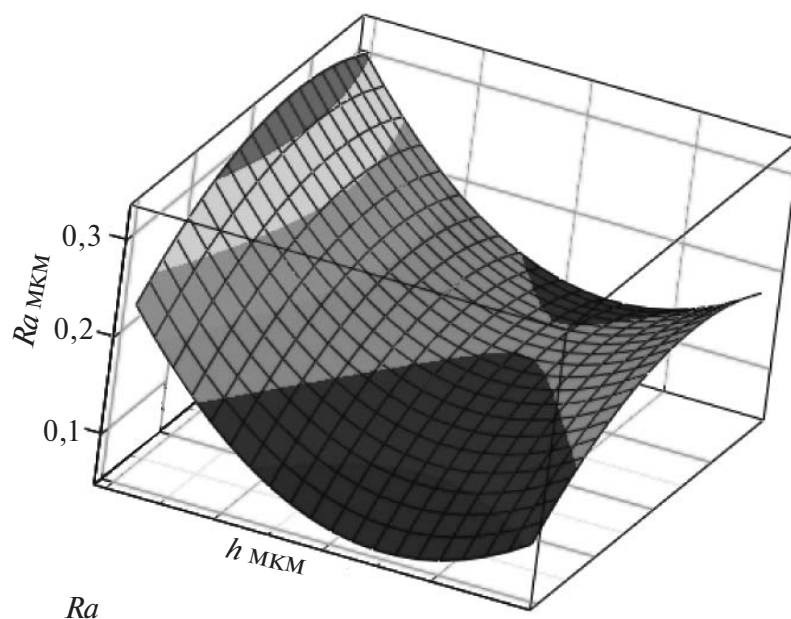


Рис. 3. Поверхность отклика при  $S = 0,12$  мм/об

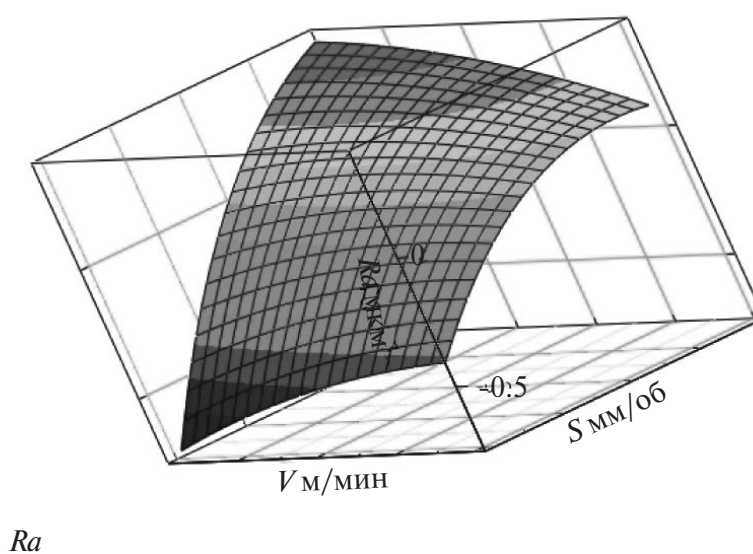


Рис. 4. Поверхность отклика при  $h = 40$  мм

Полученная зависимость является наиболее характерной (типичной) для выравнивания.

Проверка адекватности модели и анализ результатов

Для проверки гипотезы об адекватности представления результатов эксперимента найденному уравнению регрессии достаточно оценить отклонение, предсказанное уравнением регрессии  $M(Ra)$  от

результатов эксперимента  $Ra_j$  в различных точках факторного пространства (таблица 6).

Рассеяние результатов эксперимента относительно уравнения регрессии характеризуется с помощью остаточной дисперсии адекватности.

Результаты расчетов сведены на рис. 5.

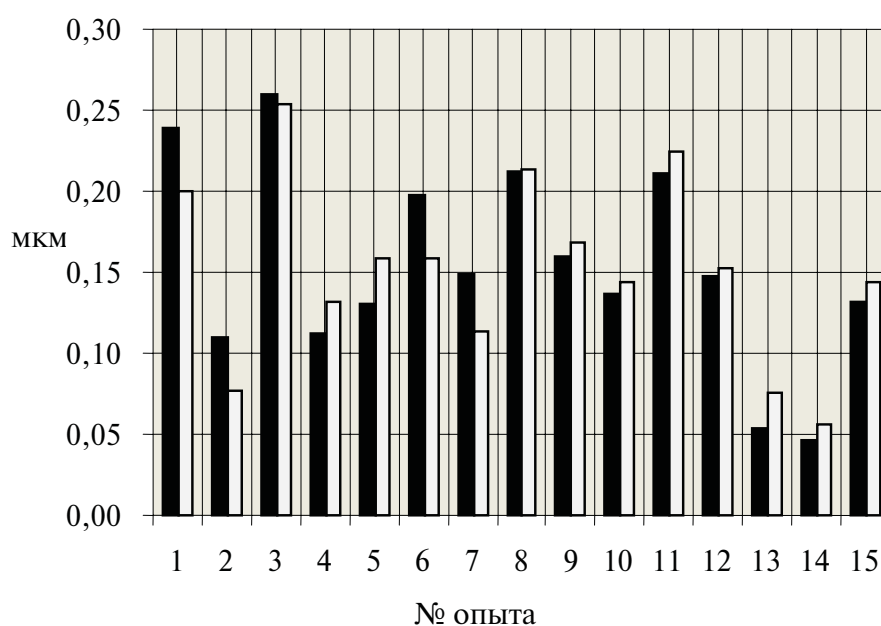


Рис. 5. Диаграмма сравнения полученных значений шероховатости поверхности моделированием и измерениями реальной поверхности

Таблица 6

### Проверка адекватности линейной модели

Опыт	$Ra_j$	$M(Ra)$	$[Ra - M(Ra)]^2 \cdot 0,0000001$
1	0,214	0,239	4
2	0,107	0,110	9
3	0,253	0,260	49
4	0,120	0,112	64
5	0,133	0,130	9
6	0,195	0,197	4
7	0,152	0,149	9
8	0,207	0,212	25
9	0,164	0,160	16
10	0,133	0,136	9
11	0,217	0,211	36

Окончание табл. 6

Опыт	$Ra_j$	$M(Ra)$	$[Ra - M(Ra)]^2 \cdot 0,0000001$
12	0,146	0,147	1
13	0,055	0,054	1
14	0,040	0,046	36
15	0,133	0,132	1
		5	0,000019

$$S_a = \frac{0,000273 - 0,000019}{5} = 0,000051,$$

$f_{ад} = m - z - (n_0 - 1) = 15 - 8 - (3 - 1) = 5$ . Проверка гипотезы об адекватности модели производится с использованием критерия Фишера  $F$ . Модель адекватна, если выполняется условие:

$$\frac{S_a}{S^2 \{y\}} \leq F(0,05; f_{ад}; f_m),$$

где  $F(0,05; f_{ад}; f_m) = 19,3$  – критерий Фишера при 5%-ном уровне значимости:

$$F = \frac{0,000051}{0,0000093} = 5,5 \leq 19,3.$$

Условие выполняется, следовательно, модель адекватна результатам эксперимента. Как видно из уравнения регрессии, наиболее существенное влияние на значение шероховатости поверхности оказывают натяг и подача. Причем при увеличении натяга шероховатость снижается, а при увеличении подачи повышается. Скорость обработки оказывает меньшее значение влияние на шероховатость. Эти результаты вполне подтверждают теоретические положения в данном диапазоне параметров.

Все параметры оказывают существенное влияние на значение шероховатости поверхности. Причем при увеличении натяга до определенного предела шероховатость снижается, а при дальнейшем увеличении повышается. Эти результаты вполне подтверждают теоретические предположения.

Анализируя зависимость шероховатости от подачи и скорости выглаживания, можно выявить области, в которых значительное изменение исследуемых параметров не вызывает соответствующего из-

менения шероховатости. Однако нерациональное назначение этих режимов необоснованно снижает производительность процесса обработки и увеличивает затраты. Поэтому при назначении режимов обработки возникает вопрос о поиске оптимальных по производительности значений параметров.

### Литература

1. Блохин В. Г., Глудкин О. П., Гуров А. И., Ханин М. А. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов. М. : Радио и связь, 1997. 232 с.
2. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М. : Машиностроение, 1981. 184 с.
3. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М. : Машиностроение, 1987. 208 с.
4. Колесников К. С., Баландин Г. Ф., Дальский А. М. Технологические основы обеспечения качества машин. М. : Машиностроение, 1990. 256 с.
5. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. М. : Машиностроение, 1990. 102 с.

## Автоматизированное построение прогнозируемого графика движения поездов

---

А. В. Шипулин (научный руководитель: А. Э. Александров, д-р техн. наук), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет путей сообщения», Екатеринбург

---



**Р**азвитие информационных технологий позволило автоматизировать множество рутинных процессов в области эксплуатации железных дорог, в том числе автоматизировать процесс построения исполненного графика движения поездов. Это способствовало увеличению протяжённости диспетчерских участков, но функция планирования осталась нерешённой. Связано это с отсутствием удовлетворительного инструмента.

Текущее планирование производится для обеспечения выполнения суточных и сменных планов поездной работы железных дорог. Задача расчета пониточного плана отправления в текущем планировании решается с помощью системы прогноза поездобразования.

Планирование поездобразования и пропуск поездов по участкам — две ключевые задачи текущего планирования. Выходная информация каждой из этих задач является входной информацией для другой задачи. Последовательное решение этих задач значительно раздвигает временные рамки оперативного планирования поездной работы.

Анализ научных исследований и практических работ в области автоматизации построения графика движения поездов (ГДП) с учетом его видов и решаемых задач позволяет сделать вывод, что проблема решена не в полной мере. В частности, сегодня при решении задачи текущего планирования диспетчеры станций и ДЦУП не могут воспользоваться результатами автоматизированного расчета прогнозируемого ГДП.



Поэтому существует необходимость в системе автоматизированного построения прогнозируемого технологически корректного, рационального графика движения поездов для планирования подвода поездов к сортировочным станциям при решении задачи расчета поездообразования в рамках текущего планирования.

Учитывая, что процесс построения графика содержит множество неформальных процедур, в которых используются частично формализованные знания, построение модели графика движения решено выполнить на базе имитационной системы. Система ИСТРА наиболее подходит для этого на основании следующих её преимуществ:

существует большой опыт успешно построенных имитационных моделей на основе имитационной системы ИСТРА;

имитационная система позволяет строить модели транспортных объектов практически любого размера и сложности;

в моделях прогноза поездообразования используются алгоритмы схожие с теми, что применяются при организации движения поездов;

в системе нет ограничений на реализацию различной технологии пропуска поездов по отдельным пунктам с учетом их особенностей;

модель учитывает структуру, технологию работы железнодорожных систем, а также взаимодействие этой структуры и технологии.

Функционирование имитационной системы реализуется за счет заложенных в ней базовых алгоритмов выполнения операций и формирования очереди [1].

Построение графика в имитационной модели реализуется на основании разработанного подхода, в основе которого используются сочетания пар технологических операций. В результате для построения графика в модели применяется четыре типа модельных операций. С помощью этих операций удалось учесть интервалы, организовать обгоны, учесть приоритеты, а также выполнить визуализацию графика (рис. 1).

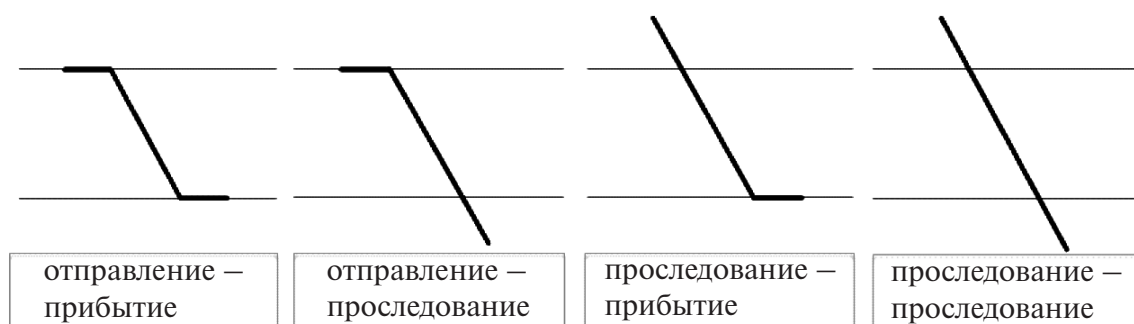


Рис. 1. Операции в имитационной системе



Универсальная структура абстрактной модели позволяет отобразить элементы ГДП, такие как пути перегонов, станций, групп стрелочных переводов, а также элементы, участвующие в описании процесса управления, например (рис. 2):

элементы, ограничивающие одновременное принятие поездов на путь раздельного пункта;

элементы, отражающие наличие «окна» на перегоне;

элементы, позволяющие учитывать станционные и межпоездные интервалы;

элементы, используемые при моделировании движения по перегонам с автоблокировкой.

Моделирование движения поездов в имитационной системе различается для линий, оборудованных автоматической блокировкой и полуавтоматической блокировкой.

На рис. 3 представлено занятие элементов имитационной системы, где на оси абсцисс — время, а на оси ординат — элементы. Занятие элементов происходит по законам движения потока в имитационной системе.

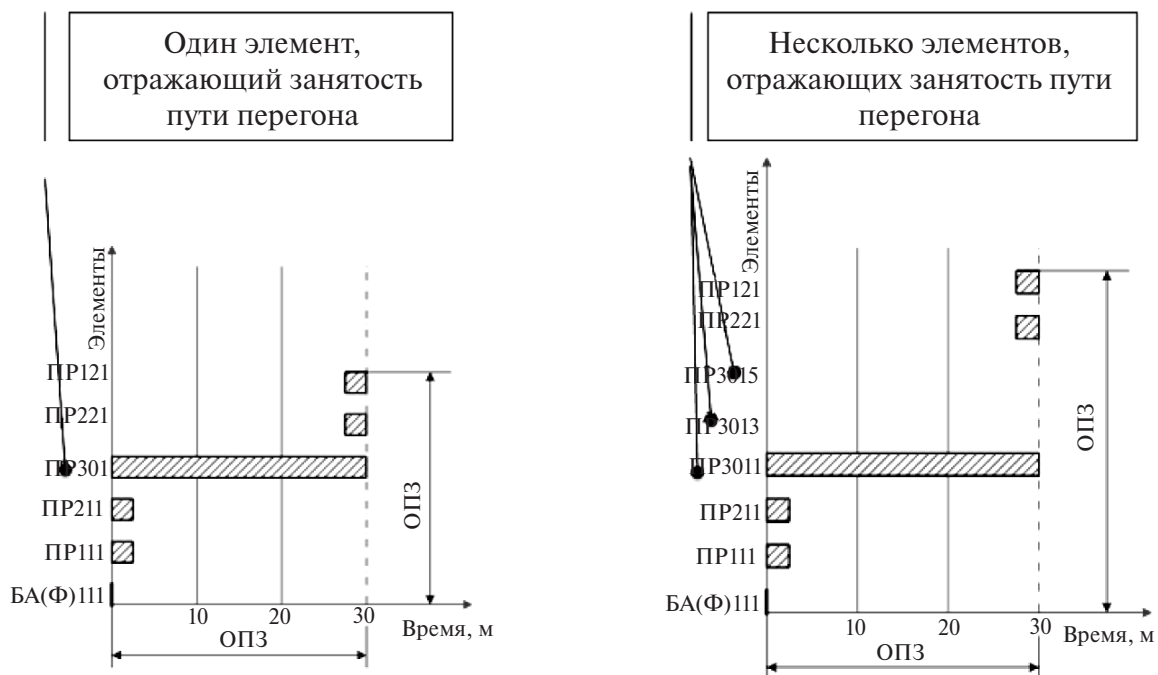


Рис. 3. Операции, моделирующие движение поездов

Нижняя часть элементов используется для отображения занятости путей и групп стрелочных переводов на раздельном пункте отправления. Средний элемент отражает занятость пути перегона,

Рассмотрим пример учета станционного интервала (рис. 4). На графике изображены элементы, участвующие в операциях прибытия 2001 и отправления 2002.

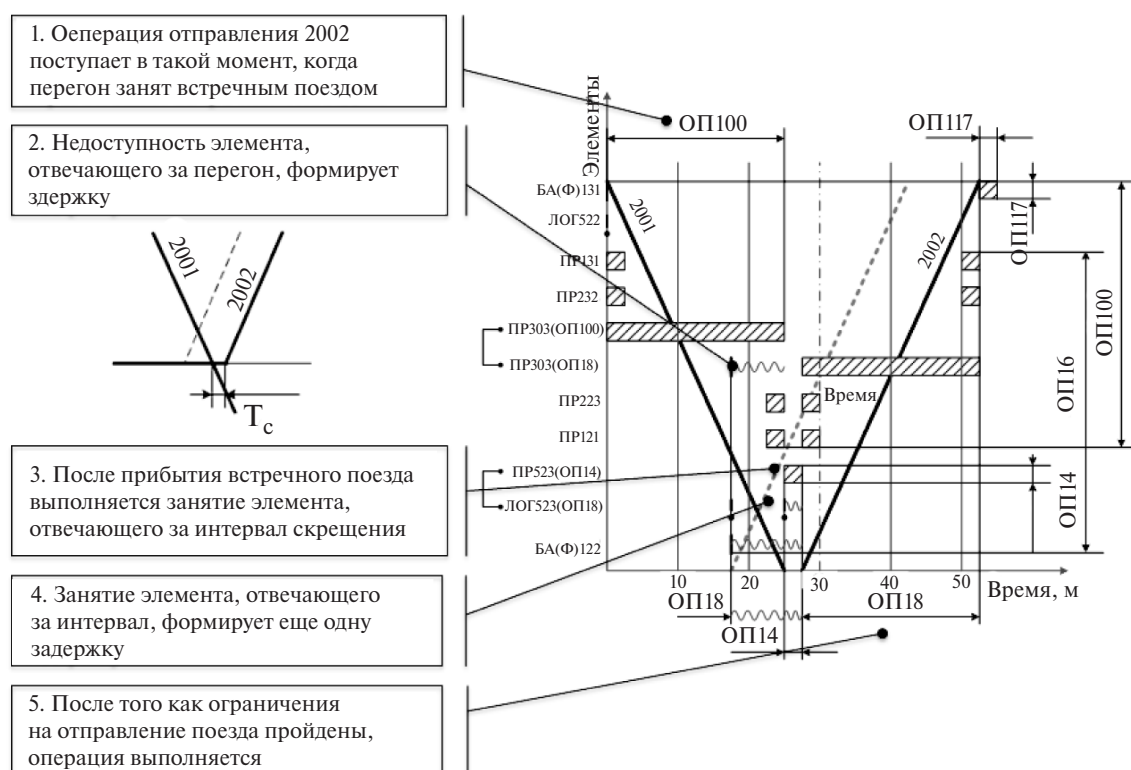


Рис. 4. Учет стационарного интервала скрещения

Операции имеют одинаковые элементы и сконфигурированы таким образом, что при выполнении одной операции будет возникать задержка, вызванная использованием общих элементов. Задержки возникнут из-за элементов, отвечающих за путь перегона и интервал скрещения.

Аналогичным образом для каждого интервала разработан шаблон, использование которого в операциях позволяет обеспечить выполнение всех интервалов.

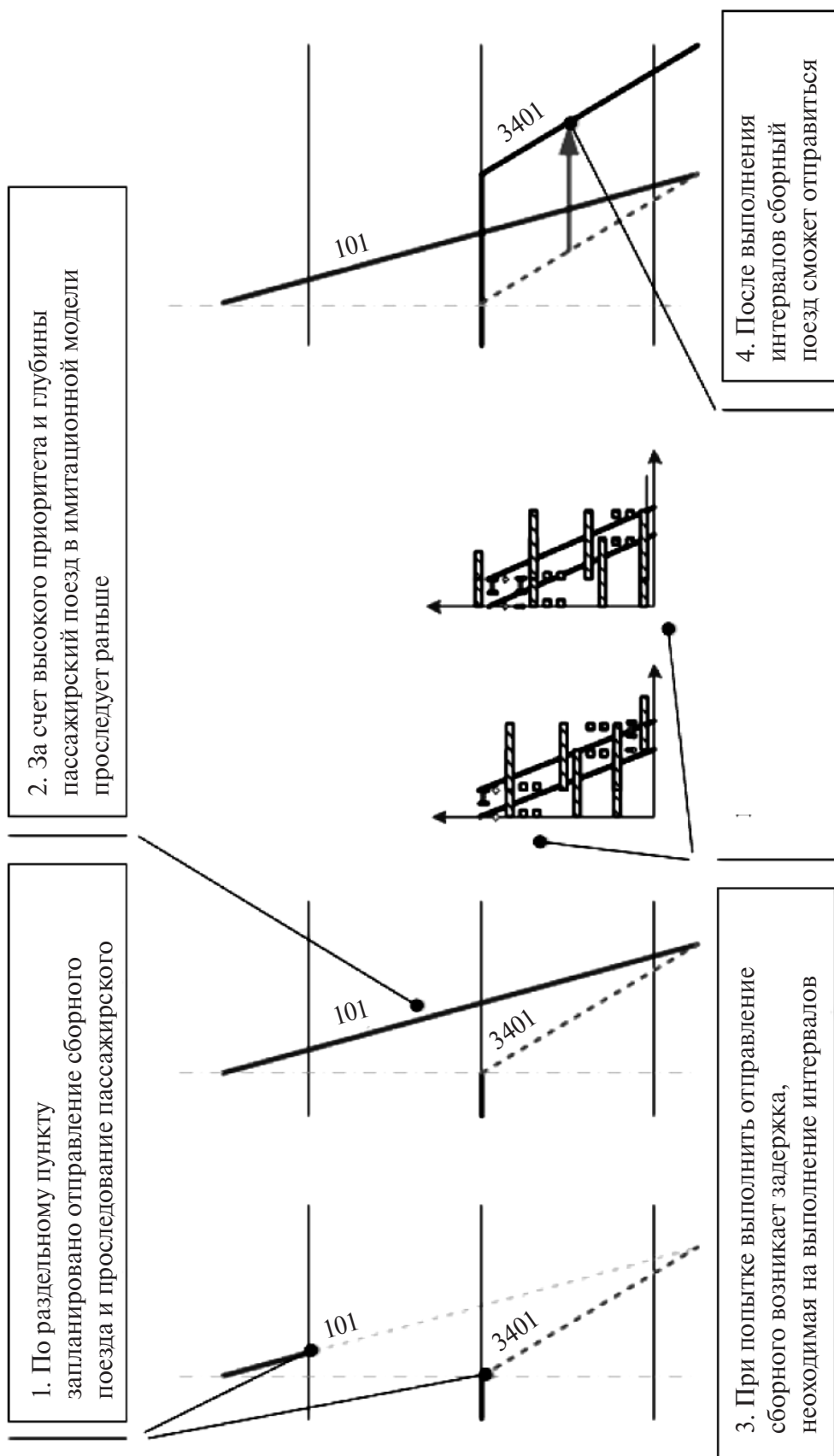


Рис. 5. Порядок выполнения операций

Приоритеты поездов определяют очередность их пропуска. Базовые алгоритмы имитационной системы позволяют реализовать следующую ситуацию.

Операция отправления с поездом 3401 на графике раньше операций проследования 101 за счет глубины и высокого приоритета, пассажирский 101 проследует раньше. Для сборного поезда будут выполнены интервалы попутного прибытия, попутного отправления и только после это он будет отправлен.

Предложенная модель является открытой, что позволяет дополнять её новыми необходимыми алгоритмами и ограничениями.

Для построения модели прогнозируемого ГДП выбран реальный взаимодействующий участок — одна из крупнейших сортировочных станций на сети — и примыкающее направление главного хода.

Разработаны последовательность и правила отображения элементов графика для данного участка с их конкретными характеристиками.

Таким образом, удалось записать все операции в соответствии с теми шаблонами, которые были предложены на этапе создания модели графика движения.

При формировании секции взаимосвязи операций получилось сформировать условия, позволяющие обеспечить выполнение технологии пропуска поездов и учесть приоритеты движения поездов.

Разработаны способы отображения «окон» на путях перегонов и отдельных пунктов, ограничений скорости, вместимости и специализации путей.

В результате в имитационной системе ИСТРА была сформирована модель графика движения для реального диспетчерского участка.

Рациональность и технологическая корректность автоматически построенного ГДП на основе предложенной методики проверена и подтверждена множеством расчетов с использованием различных реальных исходных ситуаций.

Расчет графика движения с использованием имитационной модели в системе ИСТРА свелся к заданию начальной ситуации (рис. 6). В ней определяется, где находятся поезда на начало расчета и возможные «окна».

Далее выполняется расчет и обработка результатов, затем они транслируются в АРМ ДНЦ. Для расчета графика в новых условиях достаточно изменить начальную ситуацию.

Проверка эффективности прогнозируемого графика при решении задачи расчета поездобразовании в рамках текущего планирования выполнялась на случайно выбранных шести часовых интервалах из исполненного графика движения системы ГИД «Урал-ВНИИЖТ».



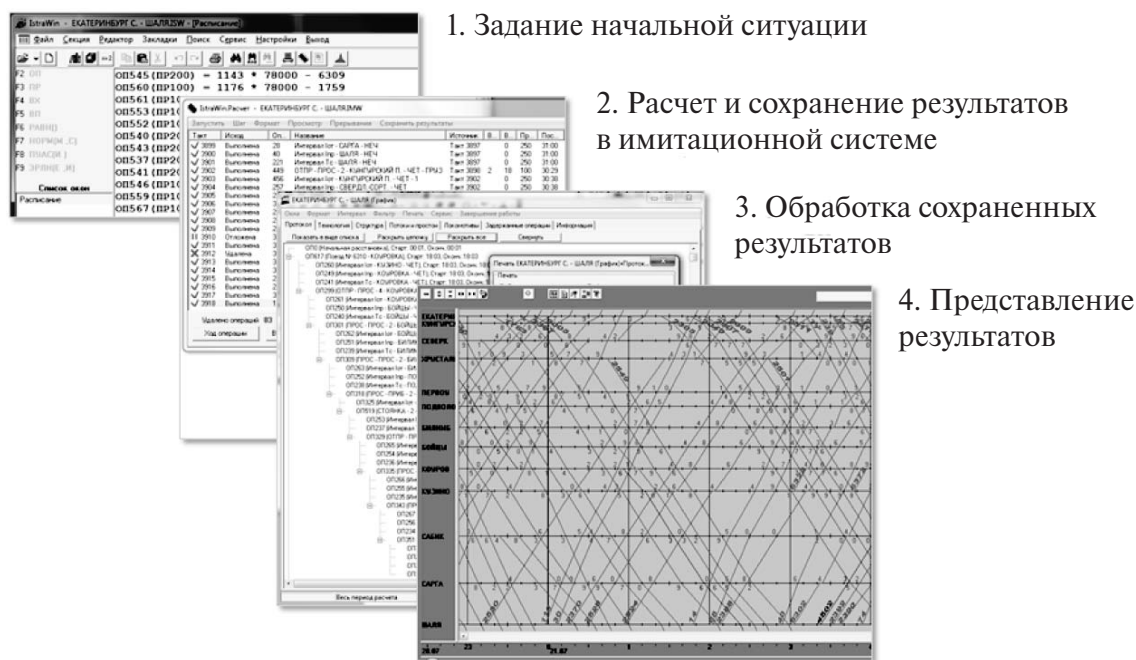


Рис. 6. Расчет графика движения поездов

Данные по интервалам конвертировались в АРМ ДНЦ, что позволило далее их обрабатывать в удобной форме.

При проведении экспериментов в имитационной модели задавалась начальная ситуация, соответствующая реальной поездной ситуации, складывающейся на начало выбранного интервала.

Эксперименты проводились таким образом, чтобы результаты можно было сравнить с тем, как организовывал движение поездной диспетчер и графиком, построенным подстановкой среднего времени хода.

Оценка результатов выполнялась с использованием аналитических методов (электронных таблиц Microsoft Excel, QlikView), так и в визуальном привычном образе — в виде графика движения с наложением «ниток».

Достоверность прибытия поездов оценивалась с помощью величины отклонения от фактического прибытия. На диаграммах (рис. 7) представлены отклонения прибытия по 847 поездам, полученные из 80 экспериментов, где видно, что прогноз с помощью системы ИСТРА значительно точнее.

Для определения эффективности результаты автоматизированного расчета сравнивались с наиболее распространенным на практике вариантом расчета с использованием среднего времени хода поездов от мест их текущей дислокации (рис. 8).



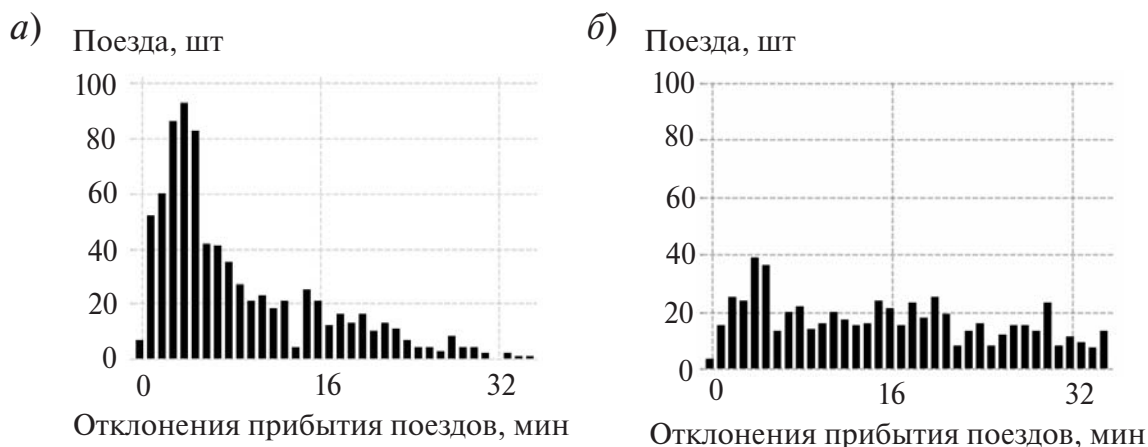
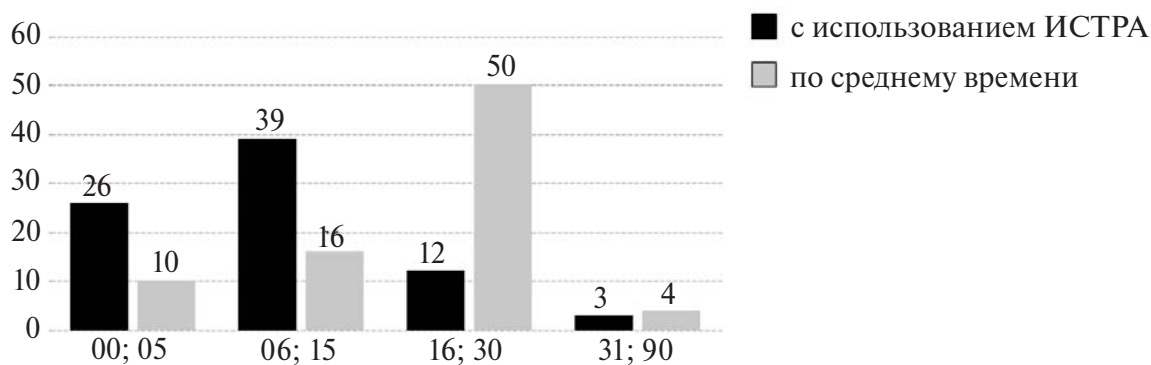


Рис. 7 – Распределение отклонения моментов прибытия поездов  
 а – при прогнозе с использованием имитационной системы ИСТРА;  
 б – при расчёте с подстановкой среднего времени хода



Интервалы среднеквадратического отклонения прибытия поездов, мин

Рис. 8. Сравнение результатов экспериментов по интервалам среднеквадратического отклонения прибытия поездов

Из рис. 8 видно, что 82 % расчетов, выполненных с использованием имитационной системы ИСТРА, содержат величину среднеквадратического отклонения прибытия, не превышающую значение горочного интервала (в четной системе станции Екатеринбург-Сортировочный горочный интервал – 14,6 мин). В этом случае реализация прогнозируемой очередности расформирования не вызывает затруднений.

На интервале среднеквадратического отклонения прибытия от 0 до 5 мин точность предложенного автоматизированного расчета оказалась выше в 2,6 раза, т.е. результаты были близки к фактическим. Точность прогнозов на интервале от 6 до 15 мин увеличилась в 2,44 раза. Примерно 15 % экспериментов показали, что прогнозируемый ГДП более эффективен, чем исполненный.

Модель и методика построения прогнозируемого ГДП могут стать важной частью системы текущего планирования поездообразования и существенно повысить её достоверность и эффективность. Дополнительным плюсом при таком подходе является возможность использования одной системы имитационного моделирования ИСТРА для построения моделей прогнозируемого графика и сортировочной станции. Это существенно облегчит организацию процесса взаимодействия моделей.

Автоматизированное построение графика движения поездов целесообразно применять при расчете моментов прибытия поездов на сортировочную станцию для системы прогноза поездообразования; при построении оптимизационных процедур, используемых при разработке нормативных и вариантных графиков; при построении автоматизированных процедур верификации моделей оптимального управления.

## Литература

1. Козлов П.А. Теоретические основы, организационные формы, методы оптимизации гибкой технологии транспортного обслуживания заводов черной металлургии [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.12 / П.А. Козлов. — М., 1987. — 393 с.

*Научное издание*

**«Эврика!»**

Научный редактор Б. С. Сергеев  
Редактор Л. С. Барышникова  
Компьютерная верстка Н. А. Журавлевой

Подписано в печать 10.03.2015.  
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 8,9.  
Тираж 70 экз. Заказ 25.

УрГУПС  
620034, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66.  
Тел.: (343) 221-24-90