



# КАЧЕСТВО и ЖИЗНЬ

«Качество жизни – целевая установка развития современного общества!»



Образ качества

ЧАСТЬ 1

Социальное качество

ЧАСТЬ 2

Качество жизни

ЧАСТЬ 3

Качество хозяйства

ЧАСТЬ 4

# СОДЕРЖАНИЕ

Учредители:  
Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации,  
Межрегиональная общественная организация  
«Академия проблем качества»

## КАЧЕСТВО И ЖИЗНЬ

Научно-производственный  
культурно-образовательный журнал

**2025 № 1(45)**

Свидетельство о регистрации в Роскомнадзоре  
ПИ № 77-16571 от 13.10.2003  
ISSN 2312-5209  
Подписной индекс Пресса России – 43453

### Редакционный совет:

Г.И. Элькин (*председатель*), д.э.н.; А.П. Шалаев;  
В.Н. Азаров, д.т.н., проф.; В.Н. Бас, д.э.н.;  
В.Ф. Безъязычный, д.т.н., проф.;  
В.Я. Белобрагин, д.э.н., проф.;  
А.Б. Бельский, д.т.н., проф.,  
Б.В. Бойцов, д.т.н., проф.;  
И.Н. Бокарев, д.мед.н., проф.;  
В.А. Васильев, д.т.н., проф.;  
С.А. Васин, д.т.н., проф.; В.Г. Версан, д.э.н., проф.;  
Г.П. Воронин, д.э.н., проф.;  
А.В. Евсеев, д.т.н., доцент;  
С.Г. Емельянов, д.т.н., проф.;  
Ю.В. Илюхин, д.т.н., проф.,  
Л.К. Исаев, д.т.н., проф.;  
И.А. Коровкин, к.э.н.;  
Ю.В. Крынев, д.филос.н., проф.;  
В.И. Кулайкин, к.п.н.;  
В.В. Окрепилов, д.э.н., проф., акад. РАН;  
М.А. Погосян, д.т.н., проф., акад. РАН;  
М.Л. Рахманов, д.т.н., проф.;  
А.К. Скворчевский, д.т.н., проф.;  
Н.Б. Топоров, д.т.н., проф.,  
П.Б. Шелищ, к.филос.н.;  
Б.А. Якимович, д.т.н., проф.

### Редакционная коллегия:

Б.В. Бойцов (главный редактор), д.т.н., проф.,  
засл. деятель науки РФ;  
К.В. Леонидов; М.Ю. Куприков, д.т.н., проф.;  
Г.Н. Иванова, к.э.н., доцент;  
И.А. Сосунова, д.социол.н., проф.;  
Ю.И. Денискин, д.т.н., проф.;  
М.М. Копкина (отв. секретарь),

Издатель – Межрегиональная общественная  
организация «Академия проблем качества  
им. В.В. Бойцова»  
117393, Москва, ул. Профсоюзная, д. 78, стр. 1  
Тел./факс: (499) 236-1536, e-mail: arq\_p@mail.ru  
www.academquality.ru,  
www.академия-качества.рф

Ответственный за выпуск: М.М. Копкина  
Редактор и корректор: Е.В. Масибута  
Дизайн и компьютерная верстка: Ж.И. Егорова

### Работа с авторами и подписчиками:

Н.С. Боцманова,  
В.Ю. Ивашкова  
Тел./факс: (499) 236-3584, e-mail: ql-mail@mail.ru

Подписано в печать 26.03.2025  
Бумага мелованная. Заказ № 2504  
Формат 60×90/8  
Гарнитура YanusC, Minion Pro  
Печать офсетная

Тираж 300 экз.  
Отпечатано в типографии  
ООО «Полиформат», г. Москва

Мнение авторов статей может не совпадать с мнением редакции. Перепечатка материалов, а также полное или частичное воспроизведение их в электронном виде возможны только с письменного разрешения издателя. Ссылка на журнал обязательна.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

- Бойцов Б.В., Ресинец А.И., Ресинец А.А.  
Исследование систем защиты самолетов и вертолетов от обледенения ..... 5
- Бойцов Б.В., Ресинец А.И., Ресинец А.А., Васильев В.В.  
Повышение эффективности использования авиации при выполнении работ с целью оказания срочной медицинской помощи ..... 12
- Смирнов В.А.  
Организационные проблемы при производстве приводов для высокоманевренных летательных аппаратов ..... 22

## ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

- Бойцов Б.В., Плавельский Е.П., Плавельский А.Е.  
Режимы деформирования транспортируемых дисперсных жидкотекучих грузов и методология определения их реологических характеристик ..... 27

## РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

- Харитонов Ю.Н., Касименко Л.М., Бабич Н.С.  
О влиянии геомагнитных возмущений на работу наземных электролиний ..... 33

## ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Любенкова А.О., Царегородцев Е.Л.  
Моделирование процесса нарезки блинной ленты гильотиной при помощи программы Scilab ..... 40
- Царегородцев Е.Л., Нагапетян А.А.  
Метод моделирования температурного контроля с применением инфракрасных ламп на основе объектно-визуального подхода ..... 43
- Нагапетян А.А., Короткова Г.В.  
Использование инфракрасного излучения для оптимизации процесса выпечки бараночных изделий ..... 46

## МАШИНОВЕДЕНИЕ

- Протасов В.Н., Романов И.О.  
Системный и процессный подходы к планированию и обеспечению требуемого уровня потребительского качества продукции машиностроения ..... 50

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Алишер Гафур Угли Абдусаломов  
Применения FMEA-анализа на металлургических предприятиях ..... 54
- Алишер Гафур Угли Абдусаломов  
Анализ рисков в металлургической отрасли: опыт АО «Узметкомбинат» .... 61

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ

- Александров А.А.  
Улучшение качества производства на основе обратной связи ..... 66
- Федоров А.В., Козловский В.Н., Саксонов А.С.  
Исследование проблемы качества продукции, выпускаемой предприятием кабельной промышленности ..... 72



**Первый вице-президент  
МОО «Академия проблем  
качества им. В.В. Бойцова»,  
Заслуженный деятель  
науки России,  
лауреат Государственной  
премии СССР,  
почетный работник  
высшей школы  
Российской Федерации,  
доктор технических наук,  
профессор**

**Сердечно поздравляем  
первого вице-президента  
МОО «Академия проблем качества  
им. В.В. Бойцова»**

**Бориса Васильевича Бойцова с Днем рождения!**

**Уважаемый Борис Васильевич!**

**Ваш жизненный путь – это пример безупречного  
служения Отечеству, активной жизненной позиции  
и высокопрофессионального труда на благо  
технического прогресса и повышения качества жизни!**

**Ваш бесценный опыт, компетентность и преданность  
делу вдохновляют молодое поколение на новые  
свершения и вклад в отечественную науку!**

**Мы желаем Вам крепкого здоровья, оптимизма  
и хорошего настроения!**

**Пусть Ваша жизнь будет наполнена уважением,  
поддержкой друзей и коллег, заботой, любовью родных  
и близких на долгие годы!**



# ПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ ТЕЛЕГРАММА

Прием: 20/03 10 36 го час. мин.

Бланк № 27

Принял: [подпись]

Для заметок адресата



ТЕЛЕГРАММА

ВОЛОГДА 246 93 20/03 1020=

ПРАВИТЕЛЬСТВЕННАЯ

117393 Г. МОСКВА ПРОФСОЮЗНАЯ УЛИЦА ДОМ 78С1

ПЕРВОМУ ВИЦЕ-ПРЕЗИДЕНТУ МОО АКАДЕМИЯ ПРОБЛЕМ КАЧЕСТВА ,  
ЗАСЛУЖЕННОМУ ДЕЯТЕЛЮ НАУКИ РОССИИ, ЛАУРЕАТУ ГОСУДАРСТВЕННОЙ  
ПРЕМИИ СССР, ПОЧЕТНОМУ РАБОТНИКУ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ, ДОКТОРУ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРУ  
Б. В. БОЙЦОВУ=

УВАЖАЕМЫЙ БОРИС ВАСИЛЬЕВИЧ ВСКЛ

СЕРДЕЧНО ПОЗДРАВЛЯЮ ВАС С ДНЕМ РОЖДЕНИЯ ВСКЛ

ПРЕДАННОСТЬ ДЕЛУ, НАДЕЖНОСТЬ, ОТВЕТСТВЕННОСТЬ, РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ,  
ТВОРЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАБОТЕ, А ТАКЖЕ УМЕНИЕ ОБЪЕДИНЯТЬ ЛЮДЕЙ  
СТАЛИ ОСНОВОЙ ВАШЕГО ВЫСОКОГО И ЗАСЛУЖЕННОГО АВТОРИТЕТА.

ОТ ВСЕЙ ДУШИ ЖЕЛАЮ ВАМ КРЕПКОГО ЗДОРОВЬЯ, БЛАГОПОЛУЧИЯ БЛИЗКИМ,  
СИЛЫ, НЕИССЯКАЕМОЙ СОЗИДАТЕЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ И ЯРКИХ ПОБЕД ВСКЛ=  
С УВАЖЕНИЕМ, ГУБЕРНАТОР ОБЛАСТИ Г. Ю. ФИЛИМОНОВ-

НННН ВРЕМЯ-10:36 ДАТА-20.03.2025 ВХ.НОМЕР-027



# 95 лет



20 марта Московский авиационный институт (МАИ) отметил свое 95-летие!

Рождение и развитие МАИ тесно связано с развитием советской авиации, с созданием Центрального аэрогидродинамического института, а также — с деятельностью профессора Николая Жуковского — основоположника аэродинамики. По его инициативе в Императорском техническом училище (после революции — МВТУ, а ныне МГТУ им. Н.Э. Баумана) еще с 1909 г. стал читаться курс теоретических основ воздухоплавания.

20 марта 1930 г. на базе аэромеханического факультета училища был создан новый вуз, названный Высшим аэромеханическим училищем. А 20 марта того же года он получил свое историческое название, — был переименован в Московский авиационный институт.

За годы существования МАИ из его стен вышло более 195 тыс. специалистов для авиационной и ракетно-космической науки и промышленности. И сегодня университет является лидером среди гражданских вузов по количеству выпущенных летчиков-космонавтов и летчиков-испытателей.

Поздравляем институт, ректора М.А. Погосяна,  
преподавательский состав, выпускников,  
студентов и всех причастных  
с этой замечательной датой!



# Исследование систем защиты самолетов и вертолетов от обледенения

## Б.В. Бойцов

д-р техн. наук, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ

## А.И. Ресинец

канд. воен. наук, профессор  
Академии военных наук; Москва

e-mail: mx5500@mail.ru

## А.А. Ресинец

начальник отдела АО «НЦВ Миль  
и Камов»; г. Люберцы

**Аннотация.** Проблема обеспечения безопасности полетов как гражданских воздушных судов, так и воздушных судов государственной авиации стала особенно острой в последнее время в связи с ее интенсивным использованием в различных природно-климатических условиях. В статье основное внимание уделено исследованию влияния метеорологических условий на возможность обледенения летательных аппаратов в полете и их влияние на летные характеристики самолетов и вертолетов и работу основных агрегатов.

**Ключевые слова:** вертолет, самолет, летательный аппарат, противообледенительная система, сигнализатор обледенения, противообледенительная жидкость.

**Abstract.** The problem of ensuring flight safety of both civil and state aviation aircraft has become particularly acute recently due to its intensive use in various natural and climatic conditions. The article focuses on the study of the influence of meteorological conditions on the possibility of icing of aircraft in flight and their impact on the flight characteristics of airplanes and helicopters and the operation of the main units.

**Key words:** helicopter, airplane, aircraft, anti-icing system, icing indicator, anti-icing fluid.

**Обледенение самолета (вертолета)** – это процесс образования льда на поверхности самолета

(вертолета) в полете или на земле [1], при совокупности атмосферных условий – влажности, температуры, диаметра капель, атмосферного давления, а также скорости полета самолета, при которых наблюдается обледенение самолета (вертолета).

Слой льда меняет форму крыла, и в результате оно теряет подъемную силу, за счет которой самолет держится в воздухе.

Лед, который образуется на элеронах, рулях высоты и направления, а также на других элементах механизации крыла, мешает управлять самолетом.

В результате обледенения в воздухе самолет может потерять высоту и управление.

Обледенение может образоваться на лопатках вентилятора двигателя и его воздухозаборнике, на остеклении кабины пилотов. Обледенение может нарушить работу различных датчиков снаружи самолета (вертолета), которые передают бортовому компьютеру и пилотам информацию о скорости, высоте, а также о положении самолета (вертолета) в пространстве [2].

Все видимые метеорологические явления погоды и условия при которых возникает обледенение самолетов и вертолетов, формируются в тропосфере, содержащей капли воды при отрицательной температуре окружающего воздуха, в основном в облаках или в условиях переохлажденного дождя.

Верхняя граница *тропосферы* находится на высоте 8–10 км в полярных, 10–12 км в умеренных и 16–18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом. Нижний, основной слой атмосферы содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты со средним вертикальным градиентом 0,65°/100 м.

Метеорологические условия обледенения определяются следующими параметрами: влажностью, средним эффективным диаметром капель, температурой наружного воздуха и протяженностью зоны обледенения.

Основные метеорологические параметры, от которых зависит интенсивность обледенения – это количество воды, содержащейся в единице объема облака (влажность), температура воздуха, размер водяных капель.

Водность переохлажденных облаков – количество сконденсированной воды, содержащейся в единице объема воздуха. Водность – один из важнейших факторов, существенно влияющий на интенсивность обледенения.

При проектировании систем защиты ответственных летательных аппаратов (ЛА) руководствуются нормами летной годности (НЛГ): самолетов НЛГ 23 и НЛГ 25; вертолетов НЛГ 27 и НЛГ 29 [3, 4]. Характеристики и конструкция ЛА, допускаемых для эксплуатации в условиях обледенения, должны обеспечивать безопасность полета в условиях обледенения на всех эксплуатационных высотах и скоростях.

Защита вертолета [5] должна обеспечиваться без возникновения особых ситуаций в диапазоне следующих условий длительного обледенения (табл. 1).

**Таблица 1. Диапазон условий**

Температура наружного воздуха, °С	0	-10	-20
Водность, г/м <sup>3</sup>	0,8	0,6	0,3
Высота, м	До 5000	До 6000	До 8000
Расчетный среднеарифметический диаметр капель, мкм	20		

При предельных значениях водностей и температур допускается усложнение условий полета.

Защита вертолета должна обеспечиваться без возникновения сложной ситуации в следующих условиях кратковременного обледенения (при этом отказ силовой установки по причине обледенения не допускается, табл. 2).

**Таблица 2. Условия кратковременного обледенения**

Температура наружного воздуха, °С	0	-10	-20
Водность, г/м <sup>3</sup>	2,5	2,2	1,7
Высота, м	500–5000	500–6000	2000–8000
Расчетный среднеарифметический диаметр капель, мкм	20		
Продолжительность обледенения, мин	3–4		

При работе ПОС допускаются остаточные льдообразования на элементах планера и силовой установки, не приводящие к возникновению особых ситуаций.

В случае применения на вертолете ПОС, функционирование которой связано с работой двигателей, следует определять также и при отказе одного (критического) двигателя на любом этапе полета. При этом должно быть показано, что снижение эффективности ПОС не приводит к возникновению аварийной ситуации.

Вертолеты и самолеты должны быть оборудованы средствами сигнализации обледенения, обеспечивающими своевременное предупреждение экипажа и выдачу сигнала в течение всего времени полета в условиях обледенения.

При сертификации вертолета (самолета) должно быть показано, что характеристики, конструкция сигнализатора и место его установки на ЛА обеспечивают выдачу сигнала о начале обледенения не позднее, чем произойдет образование льда толщиной до 0,5 мм на эталонном цилиндре диаметром 10–15 мм.

Рекомендуется устанавливать на вертолете визуальный указатель обледенения, а также предусматривать автоматическое включение (управление) ПОС при обязательном наличии ручного включения и выключения [5].

Защита самолета должна обеспечиваться без возникновения особых ситуаций в диапазоне следующих условий длительного обледенения (табл. 3)

**Таблица 3. Условия длительного обледенения**

Температура наружного воздуха, °С	0	-10	-20	-30
Водность, г/м <sup>3</sup>	0,8	0,6	0,3	0,2
Высота, м	5000	6000	8000	9500
Расчетный среднеарифметический диаметр капель, мкм	20			
Горизонтальная протяженность зоны обледенения, км	200			
Вертикальная протяженность, м	2000			

Статистические данные о частоте случаев обледенения ЛА для различных географических районов Земли показывают, что наибольшая веро-



ятность обледенения существует при полетах в диапазоне температур от 0 до  $-15^{\circ}\text{C}$ .

Входные устройства и каналы воздухозаборников двигателей ЛА могут подвергаться обледенению и при положительных (до  $+10^{\circ}\text{C}$ ) температурах. Это объясняется тем, что движущийся в каналах воздухозаборников воздух охлаждается при адиабатическом расширении и влага, находящаяся в нем, конденсируется и замерзает. Известны случаи обледенения сверхзвуковых воздухозаборников.

На рис. 1 приведены наиболее характерные формы льдообразований (ледяных наростов) на лобовых поверхностях. Если не предпринимать меры



Рисунок 1. Формы льдообразований на лобовых поверхностях: а – клинообразная; б – желобообразная (корытообразная); в – рогообразная; г – промежуточная

по защите от образования льда, ледяные наросты быстро растут, развиваясь по направлению потока воздуха, что существенно увеличивает полетную массу ЛА.

Обледенение несущих поверхностей приводит к искажению формы профиля и резкому ухудшению аэродинамических характеристик. На рис. 2 показано, насколько существенно (иногда в 1,5–2 раза) уменьшаются в условиях обледенения значения основных аэродинамических характеристик крыла (аэродинамического качества  $K$ , коэффициента подъемной силы  $C_y$ , критического угла атаки  $\alpha_{кр}$ ) и, как следствие, ЛА в целом. Срыв потока с крыла и сильная турбулентность потока за крылом в условиях обледенения происходят значительно раньше, чем на чистом крыле, что может привести к тряске самолета, нарушению продольной балансировки, потере устойчивости и сваливанию самолета. Лед, сброшенный с крыла набегающим потоком, может поражать хвостовое оперение и лопадки компрессоров двигателей, расположенных в хвостовой части фюзеляжа.

Обледенение передних кромок рулевых поверхностей может привести к потере управляемости.

Обледенение воздушных винтов, начиная с передних кромок, захватывает до 20–25% хорды лопасти. На крейсерских режимах концы лопастей не обледеневают из-за благоприятного влияния аэродинамического нагрева. При накоплении значительных масс льда (при толщинах 5 мм и более) под воздействием центробежных сил происходит его сброс, сопровождающийся нарушением балансировки винта, вибрациями силовой установки. При этом создается опасность поражения обшивки фюзеляжа [6].

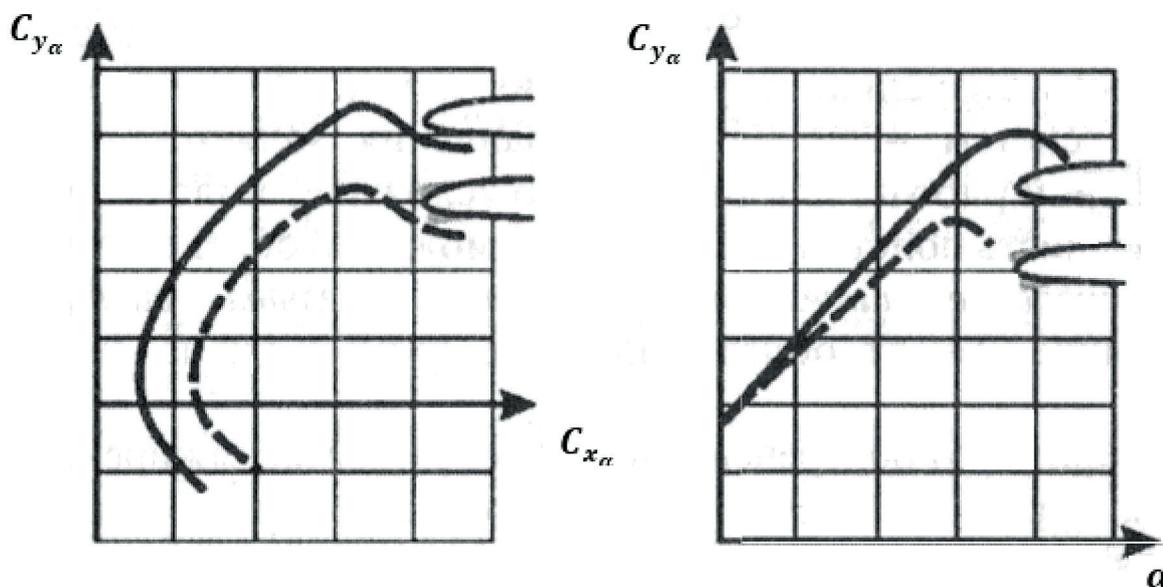


Рисунок 2. Изменение аэродинамических характеристик крыла в условиях обледенения

Обледенение несущих и хвостовых винтов вертолетов имеет некоторые особенности, обусловленные режимами их работы (расположением относительно потока набегающего воздуха), различными диаметрами винтов и, как следствие, существенно различающимися скоростями вращения. Так, несущие винты могут обледеневать не только с передней, но и с задней кромки (при движении лопастей против вектора скорости полета), а сброс льда с хвостовых винтов может поражать не только фюзеляж, но и лопасти несущего винта.

Противообледенительная система (ПОС) вертолетов типа Ми-8, Ми-24, Ми-35 [5] обеспечивает защиту от обледенения несущего и рулевого винтов, стекол кабины экипажа, воздухозаборников и входных устройств двигателей, приемников воздушного давления (ПВД). ПОС лопастей несущих и рулевых винтов, передних стекол кабины экипажа, ПВД – электрического действия, питание которых осуществляется от генераторов переменного тока, а входных устройств двигателей – воздушно-масляного теплового действия. Для обогрева вертикальных стоек первой опоры входной части компрессора двигателей применяется горячее масло.

ПОС пылезащитных устройств (ПЗУ) выполнена смешанной. Часть узлов обогревается горячим воздухом, отбираемым от 12 ступени компрессора двигателя, другая имеет систему электрообогрева.

Установленный на вертолете во входном устройстве вентилятора сигнализатор обледенения РИО-3 обеспечивает автоматическое включение ПОС в работу и включение сигнального табло, информирующего о начале обледенения.

Принцип действия сигнализатора основан на изменении потока бета-частиц, излучаемых радиоактивным изотопом при образовании слоя льда на

чувствительной поверхности датчика в условиях обледенения.

Обледенение входных кромок воздухозаборников силовых установок нарушает течение потока воздуха, увеличивает неравномерность поля скоростей перед компрессором. Это может вызвать помпаж (франц. *rompage* – откачка) – одну из форм автоколебаний, выражающуюся в пульсации подачи воздуха и, следовательно, вибрации лопаток компрессора и всего двигателя, что может вызвать его разрушение. Сброс льда в каналах воздухозаборников приводит к повреждению лопаток компрессоров.

Обледенение лобовых стекол фонарей может резко ухудшить возможность визуального управления ЛА, а обледенение датчиков приборов систем навигации и управления является причиной их неправильной работы или отказа, что усложняет пилотирование.

Безопасность полетов в условиях возможного обледенения обеспечивают ПОС, защищающие ЛА от обледенения в широком диапазоне погодных условий.

Зоны защиты от обледенения на современном пассажирском самолете показаны на рис. 3. Это лобовые стекла фонаря кабины экипажа (1) и форточки, которые защищаются от запотевания, датчики углов скольжения (2) и датчик полного (статического и динамического) давления (3), носки предкрылков (4), воздухозаборники, входные направляющие аппараты и коки двигателей (5), носки хвостового оперения (6).

Для визуального контроля через окна в кабине пилотов и в пассажирских салонах в ночное время за состоянием защищаемых зон установлены специальные осветительные фары (7) и (8).

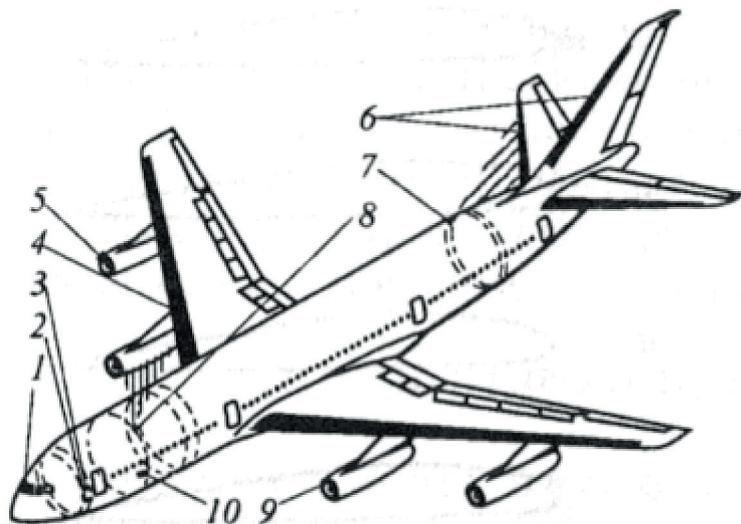


Рисунок 3. Зоны защиты от обледенения на современном пассажирском самолете



Для эффективной работы ПОС с целью повышения безопасности полетов особую важность имеет своевременная сигнализация о начале обледенения. Информацию о входе самолета в зону обледенения и выходе из нее, а также об интенсивности обледенения самолета получают от сигнализаторов обледенения на каждом двигателе (9) и сигнализатора обледенения планера самолета (10).

Сигнализаторы обледенения делятся на две группы: косвенного и прямого действия.

Принципы действия сигнализаторов первой группы основаны на изменении характеристик теплоотдачи, электропроводности или электросопротивления чувствительных элементов при наличии в атмосфере переохлажденных капель воды.

Сигнализаторы второй группы реагируют непосредственно на слой льда, образовавшегося на чувствительном элементе датчика, находящемся в потоке. Широко применяются вибрационные и радиоизотопные сигнализаторы обледенения.

Вибрационный сигнализатор регистрирует изменение собственной частоты колебаний чувствительного элемента при увеличении его массы за счет нарастания на нем слоя льда и, значит, интенсивность обледенения.

Радиоизотопный сигнализатор регистрирует уменьшение излучения за счет экранирования нарастающим слоем льда источника слабого радиоактивного излучения (типа РИО-3).

Возможны следующие способы борьбы с обледенением ЛА:

– механический, при котором образовавшийся лед разрушается в результате силового воздействия на него и его обломки удаляются набегающим потоком;

– физико-химический (жидкостно-химический). В этом случае используются специальные жидкости, понижающие температуру замерзания переохлажденных капель воды или уменьшающие силу сцепления льда с обшивкой;

– тепловой, при котором используется нагрев защищаемой поверхности до температуры таяния льда [6].

Противообледенительная система вертолета Ка-226Г [7] предназначена для удаления льда или предотвращения его образования на приемниках воздушного давления (ПВД) вертолета. ПОС ПВД включается при температуре окружающей среды +5°C и ниже.

Для визуального обнаружения обледенения в полете на левой боковой стенке фонаря на уровне глаз пилота установлен визуальный указатель обледенения (рис. 4).

Для предотвращения обледенения в полете приемников воздушного давления (ПВД) на вертолете применяется электрический обогрев с использованием электрических элементов типа ППД-9, встроенных в конструкцию приемников.

Противообледенительная система лопастей несущих винтов предназначена для удаления образовавшегося на лопастях льда или предотвращения его образования с использованием электрообогрева.

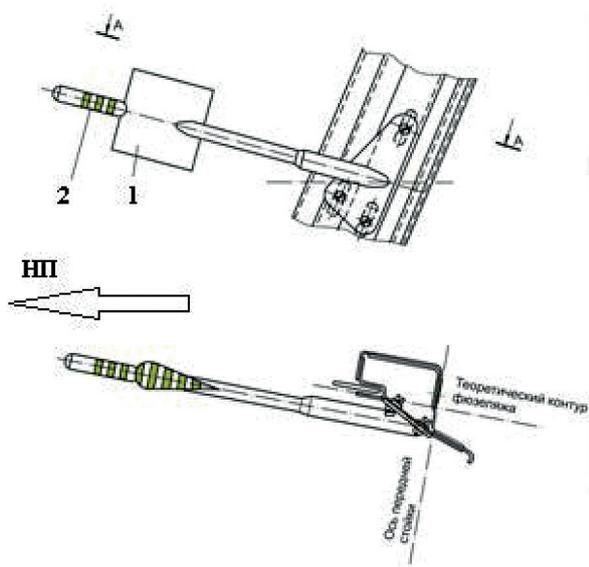


Рисунок 4. Указатель обледенения визуальный: 1 – обтекатель; 2 – штырь

Включение ПОС лопастей винтов осуществляется автоматически или вручную при работающих генераторах переменного тока.

Сигнализатор обледенения СО-121ВМ (рис. 5) обеспечивает:

- обнаружение образования льда и включение сигнализации обледенения;
- выдачу сигналов на автоматическое включение и выключение ПОС винтов и обогрева ПВД;
- контроль и сигнализацию исправности сигнализатора обледенения.

Выбор типа ПОС – сложная инженерная задача, при решении которой необходимо учитывать множество факторов для обеспечения безопасности полетов в условиях возможного обледенения.

Одним из путей предотвращения образования льда на самолете перед вылетом в условиях возможного обледенения является его обработка специальными противообледенительными жидкостями (ПОЖ).

ПОЖ делятся на тип I, II, III и IV [8].

- смеси ПОЖ тип I с водой, нагретые как минимум до 60°C (140°F) на форсунке;
- смеси ПОЖ тип I с водой, изготовленные на предприятии изготовителя ПОЖ, нагретые как минимум до 60°C (140°F) на форсунке;
- ПОЖ тип II, тип III, тип IV в концентрированном виде;
- ПОЖ тип II, тип III, тип IV в смеси с водой.

Тип противообледенительной жидкости выбирается пилотом в соответствии со специальной таблицей, разработанной в ИКАО.

### Выводы

1. Существенное влияние на безопасность полетов может оказать наличие ледяных отложений в каналах приемников воздушного давления, искажая показатели воздушной скорости самолета (вертолета) и надежность работы бортового автопилота.

2. Выбор типа ПОС – сложная инженерная задача, при решении которой необходимо учитывать множество факторов для обеспечения безопасности полетов в условиях возможного обледенения.

3. Командир воздушного судна несет всю полноту ответственности за самолет и не начинает взлет до тех пор, пока на внешних поверхностях самолета имеются СЛЮ, которые могут повлиять на аэродинамическое качество самолета или его управляемость, за исключением случаев, когда это разрешено документацией эксплуатанта [8].

### Источники

1. ГОСТ 21508-76. Защита от обледенения самолетов и вертолетов. Термины и определения. Издание официальное. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР. М.: 1977. 7 с.
2. Обледеневший самолет. Почему Airbus с пассажирами чуть не разбился в Магадане? [Элек-



**СО-121ВМ**

**ПВД**

Рисунок 5. Вертолет Ка-226Т



тронный ресурс]. BBC. 2021. 6 декабря. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-59554867>

3. Нормы летной годности гражданских вертолетов СССР (НЛГВ-2). 2-е изд. М.: ЦАГИ., 1987. 412 с.

4. Мещерякова Т.П. Проектирование систем защиты самолетов и вертолетов: Учеб. пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1977. 232 с.

5. Вертолет Ми-24В (Ми-24Д). Кн. II «Конструкция вертолета». Техническое описание. М.: Машиностроение, 1982. 168 с.

6. Егер С.М., Матвеев А.М., Шаталов И.А. Основы авиационной техники: Учеб. / Под ред.

И.А. Шаталова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МАИ, 1999. 576 с.

7. Вертолет Ка-226Т. Руководство по технической эксплуатации. Кн. I. Конструкция вертолета. М.: ОАО «Камов», 2000. 230 с.

8. ГОСТ Р 70890-2023. Проведение работ по защите самолетов гражданской авиации от наземного обледенения. Разработан ФГУП ГосНИИ ГА. Утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 9 ноября 2023 г. № 1363-ст. 45 с.

## References

1. GOST 21508-76. Anti-icing of aircraft and helicopters. Terms and definitions. Official publication. State Standards Committee of the Council of Ministers of the USSR. Moscow: 1977. 7 p.

2. Iced aircraft. Why did an Airbus with passengers almost crash in Magadan? [Electronic resource]. BBC. 2021. December 6. URL: <https://www.bbc.com/russian/features-59554867>

3. Airworthiness standards for civil helicopters of the USSR (NLGV-2). 2nd ed. Moscow: TsAGI., 1987. 412 p.

4. Meshcheryakova T.P. Design of aircraft and helicopter protection systems: Textbook for universities. Moscow: Mashinostroenie, 1977. 232 p.

5. Helicopter Mi-24V (Mi-24D). Book II. «Helicopter Design». Technical Description. Moscow: Mashinostroenie, 1982. 168 p.

6. Eger S.M., Matveenko A.M., Shatalov I.A. Fundamentals of Aviation Technology: Textbook. / Ed. by I.A. Shatalov. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: MAI Publishing House, 1999. 576 p.

7. Helicopter Ka-226T. Technical Operation Manual. Book I. Helicopter Design. Moscow: JSC «Kamov», 2000. 230 p.

8. GOST R 70890-2023. Carrying out work to protect civil aviation aircraft from ground icing. Developed by FSUE GosNII GA. Approved. and was put into effect by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 9, 2023 No. 1363-st. 45 s.

# Повышение эффективности использования авиации при выполнении работ с целью оказания срочной медицинской помощи

## Б.В. Бойцов

*д-р техн. наук, профессор,  
заслуженный деятель науки РФ*

## А.И. Ресинец

*канд. воен. наук, профессор  
академии военных наук; Москва*

*e-mail: mx5500@mail.ru*

## А.А. Ресинец

*начальник отдела  
АО «НЦВ Миль и Камов»; г. Люберцы*

## В.В. Васильев

*инженер 3 категории  
АО «НЦВ Миль и Камов»; г. Люберцы*

**Аннотация.** В предлагаемой статье рассматриваются вопросы, связанные с проблемой использования авиации при выполнении работ с целью оказания срочной медицинской помощи.

Вертолеты гражданской авиации, оборудованные медицинскими модулями, должны иметь соответствующий сертификат типа. Любые изменения, вносимые в типовую конструкцию без одобрения авиационными властями, считаются незаконными. Это касается и установки дополнительного оборудования (медицинских модулей). Одной из особенностей медицинских комплексов является то, что приходится постоянно «разруливать» противоречия между требованиями к медицинской аппаратуре, определяемыми нормативной документацией Минздрава, с одной стороны, и ведомственными требованиями, которые распространяются на транспортные средства, на базе которых создается передвижной медицинский комплекс. Особенно остро это чувствуется в авиации с ее

жесткими требованиями по перегрузкам в случае аварийной посадки. Кроме того, бортовая аппаратура летательного аппарата не должна мешать работе электрических медицинских изделий, а те в свою очередь не должны оказывать влияние на бортовую аппаратуру самолета или вертолета, то есть аппаратура должна обладать электромагнитной совместимостью [1].

**Ключевые слова:** авиация, самолет, вертолет, служба санитарной авиации, медицинский модуль, сертификация, национальная служба санитарной авиации, Министерство по чрезвычайным ситуациям.

**Abstract.** The proposed article examines issues related to the problem of using aviation to perform work to provide emergency medical care. Civil aviation helicopters equipped with medical modules must have a corresponding type certificate. Any changes made to the standard design without the approval of the aviation authorities are considered illegal. This also applies to the installation of additional equipment (medical modules). One of the features of medical complexes is that it is necessary to constantly «resolve» the contradictions between the requirements for medical equipment determined by the regulatory documentation of the Ministry of Health, on the one hand, and departmental requirements that apply to vehicles on the basis of which a mobile medical complex is created. This is especially acute in aviation with its strict requirements for overloads in the event of an emergency landing. In addition, the on-board equipment of the aircraft should not interfere with the operation of electrical medical devices, and they in turn should not affect the on-board equipment of the aircraft or helicopter, that is, the equipment must have electromagnetic compatibility [1].

**Keywords:** aviation, airplane, helicopter, air ambulance service, medical module, certification, national air ambulance service, Ministry of Emergency Situations.



В работе [2] рассмотрен вопрос повышения эффективности использования вертолетов при выполнении различных видов работ, в том числе и работ по оказанию срочной медицинской помощи национальной службой санитарной авиации, но не были подняты проблемные вопросы, связанные с использованием авиации для этих целей. Предлагаемая статья как раз и направлена на выявление этих проблем и предложены пути их решения.

Целью санитарной авиации является спасение жизни, сохранение здоровья граждан при заболеваниях, несчастных случаях, травмах, отравлениях и других состояниях, требующих срочного медицинского вмешательства.

Использование санитарной авиации – тема очень интересная и актуальная для России.

Анализ применения санитарной авиации показывает, что здесь дела обстоят не так просто, как хотелось бы, тем не менее санитарной авиации в нашей стране около 100 лет и зародилась она в Советском Союзе в 1930-е год.

Создание в СССР санитарной авиации было инициировано в 1925 г. Обществом Красного Креста и Красного Полумесяца СССР. Непосредственно сама история развития начинается с 1927 г., когда появились первые отечественные специализированные самолеты К-3 (рис. 1). Они были созданы на базе самолета К-2 разработки конструктора Константина Калинина. К-2 был оборудован для перемещения врача и двоих лежачих больных или же четверых сидячих. В 1928–1930 гг. на нем доставили в больницы из труднодоступных районов 30 человек [3].

В начале 1930-х годов появилась медицинская версия самолета-амфибии Ш-2 (рис. 2). В 1933 г. 16 самолетов были переоборудованы в санитарный вариант. Они отличались от серийных увеличенным запасом топлива, а в хвостовой части был оборудован отсек для носилок.

С 1950-х годов стал использоваться самолет Ан-2С. Салон был оборудован местами на шесть лежачих больных, с двумя сопровождающими медицинскими работниками.

В советские годы, после Второй мировой войны, санавиацией в разное время занимались Министерство гражданской авиации и Минздрав.

В 1948 г. состоялся запуск первого серийного вертолета Ми-1, с которого началось вертолетостроение в СССР. Ми-1 активно использовался в санитарной авиации. Для перевозки больных к фюзеляжу прикрепляли специальные контейнеры. С этого момента вертолеты стали все чаще использоваться для перевозки людей в междугородном сообщении, вытесняя самолеты.

С 1963 г. началось формирование отделений плановой, а также экстренной консультативной помощи. Из них и составлялись бригады санитарной авиации. Уже к 1968 г. по всей территории СССР действовали 164 больницы, в распоряжении которых были специализированные вертолеты Ми-2 (в эксплуатации с 1965 г.), а также самолеты Ан-2, Ан-28, Ту-104 и Л-410. Летательные аппараты дорабатывались и совершенствовались.

Служба санитарной авиации России отдает приоритет винтокрылым летательным аппаратам, способным приземляться на площадки ограниченных размеров как в зоне влияния земли, так и вне зоны влияния земли, особенно в условиях плотной городской застройки. Приоритет здесь принадлежал вертолетам соосной схемы (Ка-18, рис. 3).

В санитарном варианте вертолета специальное (съёмное) оборудование составляло кислородную установку, носилки, стяжные ремни, поильник и термос. К несъёмному санитарному оборудованию относилась вертолетная аптечка и стол медицинского работника. Пассажирский вариант можно было легко переоборудовать в санитарный путем снятия переднего пассажирского кресла и установки съёмного санитарного оборудования.

#### Задачи, решаемые санитарной авиацией:

- оказание экстренной медицинской помощи в условиях плохой транспортной доступности или большой удаленности от медицинских учреждений;



Рисунок 1. Самолет К-3



Рисунок 2. Самолет Ш-2



Рисунок 3. Вертолет Ка-18

- оперативная и безопасная доставка пациента в медицинское учреждение;
- спасение жизни и здоровья людей при чрезвычайных ситуациях;
- доставка медицинского оборудования, лекарств и других материалов, необходимых в критических ситуациях [4].

Преимуществами применения вертолетов санитарной авиации является:

- скорость эвакуации. В воздухе нет пробок и светофоров, поэтому пациент доставляется в больницу быстрее, чем при использовании наземных видов транспорта;
- универсальность. Можно забрать или доставить пациента в те места, в которые невозможно или затруднительно добраться наземным транспортом;
- возможность перевозки людей в крайне тяжелом состоянии. Благодаря надежному оборудованию и внимательному отношению сотрудников перелет проходит без усугубления состояния больного.

Проведенный анализ применения санитарной авиации в Советском Союзе с целью оказания экстренной помощи населению, особенно отдаленных районов не вызывал никаких проблем. Так почему эти проблемы возникают в России?

В качестве вертолетов скорой помощи могут использоваться отечественные вертолеты типа Ка-32, Ми-8, «Ансат», Ка-226Т и они используются, но не всегда на законных основаниях. Получается так, то что незаконно используется в гражданской авиации, законно используется в государственной авиации и связано это с различными подходами к получению разрешения на установку дополнительного оборудования на уже используемые в эксплуатации ВС.

Чтобы внести изменения в типовую конструкцию гражданских ВС необходимо разрешение разработчика и авиационных властей. Для этого необходимо пройти всю процедуру сертификации на получение соответствующего разрешения, начиная с подачи заявки в уполномоченный орган. Для внесения изменений в типовую конструкцию ВС государственной авиации необходимо только получение разрешения разработчика ВС, что сделать гораздо проще, так как в этом заинтересованы обе стороны.

В авиапарке национальной службы санитарной авиации (НССА) эксплуатируются винтокрылые машины двух моделей – вертолеты типа Ми-8 и «Ансат».

Рассмотрим возникшую проблему шире.

При заключении контракта региональные министерства здравоохранения (заказчики авиационной услуги) выставляют требования к воздушным судам (ВС) с установленным на них медицинским оборудованием или медицинским модулем [5]. Эти требования формируются на основании Приложения 8 к государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения», утвержденной постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 294, с уточнением в подп. 6 п. 2: «используемые с 1 июля 2018 г. воздушные суда оборудованы медицинским модулем и произведены на территории Российской Федерации не ранее 1 января 2014 г.».

Однако Перечень медицинского оборудования в медицинском модуле или стандарт оснащения медицинским оборудованием ВС для выполнения авиационной услуги в нормативных документах отсутствует.

В сложившейся практике заказчики формируют этот перечень в Техническом задании к контракту



на основании своих предпочтений, предыдущего опыта работы и (или) в соответствии с Приложением № 5 к Порядку оказания скорой, в том числе скорой специализированной, медицинской помощи, утвержденному приказом Министерства здравоохранения Российской Федерации от 20 июня 2013 г. № 388н (несмотря на то, что в этом приложении приведен стандарт оснащения автомобиля класса «С»). Подобный подход приводит к тому, что выставляемые требования по наличию расширенного перечня медицинского оборудования заведомо невыполнимы в связи с отсутствием в сертификате типа ВС (вертолета или самолета) кабины в желаемой заказчиком комплектации медицинским оборудованием.

Так, вертолет «Ансат» сертифицирован с санитарной кабиной, в составе которой возможно применение модуля медицинского одноместного ММ-А.9520.000. В регистрационном удостоверении на медицинское изделие прописана комплектность этого модуля (Приложение лист 2 к регистрационному удостоверению на медицинское изделие от 19 апреля 2017 г. № РЗН 2013/1191). Иных медицинских модулей для вертолетов взлетной массой 2–4 т в данный момент в РФ не зарегистрировано. Изменять состав и даже наименования комплектующего медицинского оборудования медицинского модуля недопустимо ни с точки зрения инструкции по эксплуатации модуля, ни и с точки зрения руководства по эксплуатации ВС.

Остальные вертолеты с вышеуказанной взлетной массой и зарегистрированные в РФ не имеют сертифицированного в РФ исполнения с «медицинским модулем».

Имеющиеся дополнительные сертификаты типа по конфигурации салона у вертолетов Airbus разрешают установку модуля как авиационного оборудования, на котором уже размещается медицинское оборудование, разрешенное к эксплуатации изготовителем ВС. Вертолеты других производителей сертифицированы в РФ только как для перевозки пассажиров сидя. Без возможности установки на борту медоборудования или перевозки пациента лежа.

То же самое относится и к вертолетам со взлетной массой до 13,5 т, в том числе и к наиболее массово применяемому МИ-8 и его модификации – они сертифицированы с медицинскими модулями, комплектация которых относительно неизменна.

Таким образом, пожелания заказчиков могут быть заведомо невыполнимы, если при составлении технического задания будет добавлен перечень оборудования, не включенного в состав медицинского модуля или вертолета. А также если к медоборудованию в составе модуля или вертолета будут

предъявляться избыточные требования, которым сертифицированное на данный момент оборудование не соответствует.

Проведенный анализ конкурсной документации выявил еще одну проблему – отсутствие требований по подтверждению сертификации ВС для применения с медицинским оборудованием или медицинским модулем. В результате этого возникает большой риск заявки на участие в конкурсе от авиапредприятий, имеющих «сертификат эксплуатанта на авиационные работы с целью оказания медицинской помощи», но с вертолетами в пассажирском или грузовом исполнении кабины, предназначенными только для доставки специалистов или медицинских грузов, проведения «медицинской разведки». Но никак не «позволяющими оказать скорую специализированную медицинскую помощь силами авиамедицинской бригады». Это приводит к недобросовестной конкуренции при участии в конкурсах, а при заключении контрактов – к предоставлению услуг, не отвечающих требованиям безопасности.

Проведем краткий анализ отечественных вертолетов, входящих в состав национальной службы санитарной авиации (НССА) и авиации МЧС России.

### Вертолет «Ансат»

В городах и на равнинной местности чаще всего используется вертолет «Ансат» (рис. 4), который может вместить одного лежачего пациента и двух медработников.

Вертолет оснащается медицинским модулем (рис. 5) от компании «Казанский агрегатный завод». Этот модуль предназначен для перевозки пострадавших, нуждающихся в интенсивной терапии и реанимационной помощи. Он легко снимается с вертолета и устанавливается на рельсы в пассажирской кабине.

Модернизация вертолетного медицинского модуля началась в 2021 г., и теперь конструкция тележки позволяет осуществлять погрузку и выгрузку силами одного медработника. Кроме того, в состав медицинского модуля входит блок монитор-дефибриллятор, два резервирующих дефибриллятора, шприц-насос для капельниц, укладки-наборы для оказания экстренной медицинской помощи взрослым и детям.

С точки зрения обеспечения безопасности транспортировки пациентов по воздуху медицинский модуль является ключевым элементом. Применяемые материалы и конструкция обеспечивают эргономичное и надежное крепление медицинского оборудования, пациента и самого модуля. Такая система пассивной защиты уже показала свою высокую эффективность при аварийной посадке вертолета «Ансат» в Ижевске в 2021 г. [6].



Рисунок 4. Вертолет «Ансат»



Рисунок 5. Вертолет «Ансат» с различными медицинскими модулями



## Вертолет Ка-226Т с медицинским модулем

Медицинский салон вертолета Ка-226Т оборудован в транспортной кабине с тремя сиденьями для медперсонала и креплениями на полу для размещения одного одноместного медицинского модуля, который изготовила казанская фирма ЗАО «Заречье». Это та самая фирма, которая несколько лет назад разработала, провела испытания, зарегистрировала и поставила МЧС модули медицинские вертолетные ММВ для вертолетов Ми-8 (в вертолет помещаются два двухместных модуля) и модули медицинские самолетные для Ил-76 (четырехмест-

ные модули). Их часто можно видеть по телевизору. Но вернемся к Ка-226Т. Салон со стороны задней двери с установленным модулем показан на *рис. 6*.

## Вертолет типа Ми-8

Для больших регионов с отдаленными районами в труднодоступных зонах и со сложными природными условиями используется вертолет типа Ми-8 (*рис. 7*).

За один вылет Ми-8 при наличии дополнительных медицинских модулей может взять на борт до 9 тяжелых лежачих больных и в кратчайшее время доставить их в медучреждения, находящиеся на



Рисунок 6. Медицинский салон вертолета Ка-226Т с стороны задней двери



Рисунок 7. Вертолет Ми-8МТ санитарной авиации Карелии с медицинским модулем

большом удалении. Вертолеты Ми-8 используются в основном на Дальнем Востоке, в Сибири и Арктической зоне.

Модули устанавливаются в вертолеты типа Ми-8 МТ, предназначены для эвакуации двух носилочных пострадавших и оказания им медицинской помощи непосредственно в вертолете. В состав модуля входит медицинская аппаратура, с помощью которой можно проводить искусственную вентиляцию легких, стимуляцию сердечной деятельности и иные первичные реанимационные мероприятия [7, 8].

На вертолет устанавливается медицинский модуль ММВ.9520.000-03 (-04) (рис. 8). Эти универсальные модули полностью соответствуют всем требованиям для оказания первой помощи. Они оснащены специальными жесткими носилками, ремнями-фиксаторами и панелями для установки необходимого медицинского оборудования, которое помогает поддерживать жизненные показатели пациента во время полета. В арсенале спасателей имеются электрокардиографы, реанимационное оборудование, кислородные баллоны, аппараты искусственного дыхания и другие необходимые средства. Каждый модуль позволяет обеспечить первую помощь сразу двум пострадавшим. Новые модели оснащены более современным оборудованием, включая усовершенствованный аппарат Corpuls для мониторинга состояния пациента. С радиосигналом все данные выводятся в режиме онлайн, что позволяет непрерывно контролировать состояние пострадавших.

Эти современные медицинские модули и оснащение вертолета делают его подвижной реанимационной палатой. Приборы имеют свои источники питания и могут использоваться в режиме автономности или от энергосистемы воздушного судна. Вся техника соответствует мировым стандартам и сертифицирована для использования на борту

воздушных судов, обеспечивая безопасность и мобильность во всех условиях.

**Модуль обеспечивает:**

- размещение двух носилочных пострадавших;
- размещение изделий медицинской техники в рабочем и транспортировочном положении;
- возможность погрузки на наземные транспортные средства с помощью штатных аэродромных средств наземного обслуживания, а также погрузку в вертолет и выгрузку из него;
- проверку работоспособности медицинского оборудования вне вертолета от внешнего источника питания.

Как видим, вертолеты НССА используются в сложных природно-климатических условиях и в различное время суток, что требует от летного состава высокой квалификации.

**Вертолет Ка-32А11ВС**

Многоцелевой вертолет Ка-32А11ВС в медицинском исполнении получил одобрение главного изменения на медицинский модуль [9].

Оснащение специализированным медицинским модулем с современным оборудованием интенсивной терапии позволяет осуществлять необходимые реанимационные мероприятия при транспортировке больных и пострадавших в лечебные учреждения (рис. 9, а).

Габариты транспортного отсека обеспечивают размещение на борту пострадавшего в тяжелом состоянии на реанимационном модуле или до четырех пострадавших на носилках в сопровождении медицинского персонала [10].

**В состав КМВ входит:**

- модуль медицинский вертолетный (ММВ);
- этажерка;
- дополнительное медицинское оборудование (ДМО) [11].



Рисунок 8. ММВ.9520.000-03 (-04)



Пострадавший размещается на носилках, установленных на медицинском модуле вертолетном, расположенном по правому борту транспортной кабины (рис. 9, б).

В нашей стране национальная служба санитарной авиации существует с 2019 г. и с каждым годом совершает все больше вылетов, а также увеличивает зону обслуживания. За 2023 г. НССА совершила 10 тыс. вылетов, что на 30% больше, чем за предыдущий год. Зона обслуживания выросла с 51 до 67 регионов. Несмотря на то что с каждым годом си-

туация в нашей стране улучшается, большинство проблем до сих пор остаются актуальными. Перечислим их.

- Слабо развитая инфраструктура. По подсчетам национальной службы санитарной авиации (НССА), для того чтобы медицинские вертолеты могли свободно доставлять пострадавших в больницы, России необходимо около 2000 вертолетных площадок (рис. 10). Из-за их отсутствия НССА в основном базируются в пригородных аэропортах, что не позволяет экстренно реагировать на



а)



б)

Рисунок 9. Вертолет Ка-32А11ВС в медицинском варианте



Оператор медицинских вертолетов



Медицинский центр с вертолетной площадкой



Точка дозаправки медицинских вертолетов

Рисунок 10. Карта единой информационной службы санитарной авиации

вызовы, так как много времени тратится на логистику. Необходимо создавать больше медицинских центров с вертолетными площадками, а также обеспечить в регионах строительство необходимой инфраструктуры вблизи медицинских организаций, так как большинство медицинских учреждений проектировалось без учета задач по медицинской эвакуации.

- Еще одной проблемой санитарной авиации в нашей стране является малое количество парка. Сегодня на дежурстве находится 111 вертолетов. Например, Германия насчитывает в своем парке санитарной авиации 100 вертолетов при территории в 48 раз меньше нашей, а США (при территории в 1,7 раза меньше, чем у нас) имеется 850 вертолетов. Помимо увеличения парка санитарной авиации, нужно увеличивать разнообразие машин для более эффективного применения.

- В связи с увеличением парка санитарной авиации необходимо обеспечить условия для наращивания кадрового потенциала (авиационный и медицинский персонал). На основании доклада руководителя летного комитета АВИ на HeliRussia от 21 мая 2021 г. и председателя ЦВЛЭК ГА на 2020 г., годными к полетам признаны 1267 пилотов вертолетов. При этом на основании данных освидетельствования ЦВЛЭКГА и опроса авиакомпаний по возрастным группам 72% летного состава за 46 лет, который будет списываться с летной работы в течение 10 лет. По оценке экспертов, 2026 г. станет самым сложным с точки зрения обеспечения рынка авиации пилотами ГА (дефицит пилотов составит приблизительно 800 человек, *рис. 11*). При отсутствии значительных изменений необеспеченность рынка сохранится до 2035 г.

- Проблемы в организации санитарно-авиационной эвакуации. Требуется глубокой проработки вопрос дефицита нормативных актов федерального уровня. Проведенный анализ федеральным центром медицины катастроф ФГБУ НМХЦ показал, что 75% действующих нормативно-правовых актов устарели. В регионах созданы и утверждены свои варианты нормативных документов по санитарно-авиационной эвакуации, а на федеральном уровне отсутствуют единые учетные форумы о проведении медицинской эвакуации пациентов, которые позволяют объективно оценить деятельность медицинских организаций при организации и проведении медицинской эвакуации. Важно создать единую систему статистического учета. Отсутствие единого диспетчерского центра. Вслед-



Рисунок 11. Статистика летного состава гражданской авиации

ствие чего затруднены перелеты между регионами, а также увеличивается время вылета. Например, после поступления заявки в Москве вертолет вылетает примерно через 10 мин., в то время как в Калужской области – через 40 мин.

### Выводы

1. Вертолеты, поставляемые в НССА, должны быть оборудованы соответствующими медицинскими модулями и сертифицированы в составе ВС.
2. Государственная авиация должны иметь в своем составе вертолеты и самолеты, оборудованные медицинскими модулями для оказания срочной медицинской помощи в чрезвычайных ситуациях.
3. Необходимо расширять линейку ВС для НССА и авиации МЧС России.
4. Необходимо упростить процедуру получения разрешения от авиационных властей на установку дополнительного медицинского оборудования на ВС, находящиеся в эксплуатации.

### Источники

1. Ка-226Т с медицинским модулем [Электронный ресурс]. Livejournal. URL: <https://ra85733.livejournal.com/40063.html>
2. Ресинец А.А., Ресинец А.И. Повышение эффективности использования вертолетов при выполнении авиационных работ // Качество и жизнь. 2024. № 3. 97 с.
3. Бут А.В. История санитарной авиации РФ и ее особенности [Электронный ресурс]. Олимпиада по истории авиации и воздухоплавания. URL: [https://olymp.as-club.ru/publ/raboty\\_1\\_go\\_tura/gotovye\\_raboty/istorija\\_sanitarnoj\\_aviacii\\_rf\\_i\\_ejo\\_osobennosti/6-1-0-3010](https://olymp.as-club.ru/publ/raboty_1_go_tura/gotovye_raboty/istorija_sanitarnoj_aviacii_rf_i_ejo_osobennosti/6-1-0-3010)



4. Методические рекомендации: обеспечение воздушных судов гражданской авиации лекарственными препаратами и медицинскими изделиями. Оказание первой медицинской помощи пассажирам и членам экипажа на борту воздушного судна [Электронный ресурс]. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/0/9/9/f/4/099f49fb3b96299cb70dcc1bf059883a.pdf>

5. Письмо председателя Правления АВИ директору департамента организации экстренной медицинской помощи и экспертной деятельности «О требованиях к ВС для санавиации» исх. № 787 от 30 января 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: [https://helicopter.su/wp-content/uploads/2019/08/787-ish.-AVI\\_Minzdrav-O-I-Gusevoj-o-trebovaniyah-k-VS-dlya-sanaviatsii.pdf](https://helicopter.su/wp-content/uploads/2019/08/787-ish.-AVI_Minzdrav-O-I-Gusevoj-o-trebovaniyah-k-VS-dlya-sanaviatsii.pdf)

6. Обновленные медицинские модули для подмосковных «Ансатов» [Электронный ресурс]. Русские вертолетные системы. 2022. 3 марта. URL: <https://helisystems.ru/obnovlennye-meditsinskie-moduli-dlya-podmoskovnyh-ansatov/>

7. Авиационный медицинский модуль для вертолета Ми-8 привезли в Карелию [Электронный

ресурс]. AiF. Карелия. 2023. 1 июня. URL: [https://karel.aif.ru/auto/details/aviacionnyy\\_meditsinskiy\\_modul\\_dlya\\_vertolyota\\_mi-8\\_privezli\\_v\\_kareliyu](https://karel.aif.ru/auto/details/aviacionnyy_meditsinskiy_modul_dlya_vertolyota_mi-8_privezli_v_kareliyu)

8. Медицинские вертолетные модули для Восточного военного округа [Электронный ресурс]. HeliMed. 2017. 5 октября. URL: <https://helimed.aero/meditsinskie-vertoletnye-moduli-post/>

9. Медицинский модуль вертолета Ка-32А11ВС получил одобрение авиационных властей [Электронный ресурс]. Крылья Родины. М., 2016 (20 мая). URL: <https://www.kr-media.ru/news/vertoletostroenie/meditsinskiy-modul-vertolet-ka-32a11vs-poluchil-odobrenie-aviatsionnykh-vlastey/>

10. Многоцелевой вертолет Ка-32А11ВС [Электронный ресурс]. URL: [https://www.rstradehouse.com/pr\\_img/1002410047/20210629/78301203/%D0%9A%D0%B0-32A11BC\\_rus.pdf](https://www.rstradehouse.com/pr_img/1002410047/20210629/78301203/%D0%9A%D0%B0-32A11BC_rus.pdf)

11. Вертолет Ка-32А11ВС. Руководство по технической эксплуатации. Кн. I. Вертолет. Двигатели. Часть 3. Системы вертолета. Фирма «Камов». Россия, Московская обл., г. Люберцы, ул. 8 Марта. 80 с.

## References

1. Ка-226Т with a medical module [Electronic resource]. Livejournal. URL: <https://ra85733.livejournal.com/40063.html>

2. Resinets A.A., Resinets A.I. Increasing the efficiency of using helicopters when performing aviation work // Quality and Life. 2024. No. 3. 97 p.

3. But A.V. History of ambulance aviation of the Russian Federation and its features [Electronic resource]. Olympiad in the history of aviation and aeronautics. URL: [https://olymp.as-club.ru/publ/raboty\\_1\\_go\\_tura/gotovye\\_raboty/istorija\\_sanitarnoj\\_aviacii\\_rf\\_i\\_ejo\\_osobennosti/6-1-0-3010](https://olymp.as-club.ru/publ/raboty_1_go_tura/gotovye_raboty/istorija_sanitarnoj_aviacii_rf_i_ejo_osobennosti/6-1-0-3010)

4. Methodical recommendations: providing civil aviation aircraft with medicines and medical products. Providing first medical aid to passengers and crew members on board an aircraft [Electronic resource]. URL: <https://favt.gov.ru/public/materials/0/9/9/f/4/099f49fb3b96299cb70dcc1bf059883a.pdf>

5. Letter from the Chairman of the Board of AVI to the Director of the Department of Organization of Emergency Medical Care and Expert Activities "On the requirements for aircraft for air ambulance" outgoing No. 787 dated January 30, 2018 [Electronic resource]. URL: [https://helicopter.su/wp-content/uploads/2019/08/787-ish.-AVI\\_Minzdrav-O-I-Gusevoj-o-trebovaniyah-k-VS-dlya-sanaviatsii.pdf](https://helicopter.su/wp-content/uploads/2019/08/787-ish.-AVI_Minzdrav-O-I-Gusevoj-o-trebovaniyah-k-VS-dlya-sanaviatsii.pdf)

6. Updated medical modules for the Moscow region "Ansats" [Electronic resource]. Russian helicopter systems. 2022. March 3. URL: <https://helisystems.ru/obnovlennye-meditsinskie-moduli-dlya-podmoskovnyh-ansatov/>

7. Aviation medical module for the Mi-8 helicopter was brought to Karelia [Electronic resource]. AiF. Karelia. 2023. June 1. URL: [https://karel.aif.ru/auto/details/aviacionnyy\\_meditsinskiy\\_modul\\_dlya\\_vertolyota\\_mi-8\\_privezli\\_v\\_kareliyu](https://karel.aif.ru/auto/details/aviacionnyy_meditsinskiy_modul_dlya_vertolyota_mi-8_privezli_v_kareliyu)

8. Medical helicopter modules for the Eastern Military District [Electronic resource]. HeliMed. 2017. October 5. URL: <https://helimed.aero/meditsinskie-vertoletnye-moduli-post/>

9. Medical module of the Ka-32А11ВС helicopter received approval from aviation authorities [Electronic resource]. Wings of the Motherland. Moscow, 2016 (May 20). URL: <https://www.kr-media.ru/news/vertoletostroenie/meditsinskiy-modul-vertolet-ka-32a11vs-poluchil-odobrenie-aviatsionnykh-vlastey/>

10. Multipurpose helicopter Ka-32А11ВС [Electronic resource]. URL: [https://www.rstradehouse.com/pr\\_img/1002410047/20210629/78301203/%D0%9A%D0%B0-32A11BC\\_rus.pdf](https://www.rstradehouse.com/pr_img/1002410047/20210629/78301203/%D0%9A%D0%B0-32A11BC_rus.pdf)

11. Helicopter Ka-32А11ВС. Technical operation manual. Book I. Helicopter. Engines. Part 3. Helicopter systems. Kamov Company. Russia, Moscow region, Lyubertsy, 8 Marta st., 80 p.

# Организационные проблемы при производстве приводов для высокоманевренных летательных аппаратов

**В.А. Смирнов**

аспирант Московского авиационного института (НИУ); Москва  
e-mail: smirnov007@inbox.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу организационных проблем, возникающих на различных этапах производства приводов для высокоманевренных летательных аппаратов на крупном предприятии. Рассмотрены ключевые этапы производственного процесса: от согласования технического задания ТЗ и заключения контрактов до разработки конструкторской и технологической документации, закупки материалов, изготовления деталей, сборки и приемки готовой продукции. Выявлены типичные проблемы, связанные с организацией процессов и координацией между подразделениями.

В представленной статье акцентируется внимание на деятельности конструкторского бюро, которое испытывает трудности из-за необходимости регулярно вносить необоснованные правки в документацию. В качестве решения предложено создание организационно-технического отдела, который возьмет на себя функции координации между подразделениями, фильтрации немотивированных запросов и контроля сроков выполнения работ.

**Ключевые слова:** разработка рулевых приводов, проблемы организации производства, конструкторское бюро, конструкторская документация.

**Summary.** The article is devoted to the analysis of organizational problems that arise at various stages of the production of drives for highly maneuverable aircraft in a large enterprise. The key stages of the production process are considered: from the approval of technical specifications and the conclusion of contracts to the development of design and technological

documentation, procurement of materials, manufacturing of parts, assembly and acceptance of finished products. Typical problems related to the organization of processes and coordination between departments have been identified. The presented article focuses on the activities of the design bureau, which is experiencing difficulties due to the need to regularly make unreasonable changes to the documentation. As a solution, it is proposed to create an organizational and technical department that will take over the functions of coordination between departments, filtering unmotivated requests and monitoring deadlines.

**Keywords:** steering gear development, production organization problems, design bureau, design documentation.

Процесс производства рулевых приводов начинается с того, что заказчик согласовывает с конструкторским бюро исполнителя техническое задание. После утверждения ТЗ договорные отделы предприятий заказчика и исполнителя заключают контракт. После заключения контракта конструкторское бюро (КБ) начинает разработку конструкторской документации (КД) в соответствии с ТЗ. После завершения разработки КД передается в службу главного технолога (СГТ) для дальнейшей разработки технологических процессов. СГТ анализирует конструкторскую документацию и разрабатывает технологические процессы (ТП). Параллельно с разработкой ТП служба главного технолога составляет список необходимых материалов и комплектующих (ПКИ), который передается в отдел снабжения. Отдел снабжения отвечает за закупку материалов и передачу их в цех для последующего производства деталей. Из СГТ конструкторская документация и технологические процессы передаются в производственный комплекс (ПК) для начала изготовления. ПК начинает производство деталей привода после получения материалов и документации. Также детали и комплектующие передаются на слесарный участок, где производится окончательная сборка приводов. Собранные



приводы направляются в отдел технического контроля (ОТК), где производится проверка соответствия изготовленного привода требованиям КД, ТЗ и контракта. После завершения проверок привод передается заказчику для дальнейшей эксплуатации. Изложенная схема процесса производства рулевого привода представлена на рис. 1 [1].

Однако на различных этапах взаимодействия между подразделениями предприятия возникают многочисленные организационные проблемы, которые увеличивают время производства приводов для высокоманевренных летательных аппаратов [2].

Проблемы на этапе согласования технического задания являются типичным примером трудностей в коммуникации, которые могут возникнуть на крупном предприятии. Обычно на предприятии существует устоявшаяся схема взаимодействия, при которой процесс согласования технического задания начинается с того, что ведущий специалист по теме, ответственный за проект, получает техническое задание и направляет его в различные структурные подразделения КБ. Каждое из этих подразделений должно рассматривать ТЗ, но только в рамках своей компетенции. Например, конструкторский отдел рассматривает проектную часть, отдел испытаний – требования к испытаниям, а отдел документации – вопросы оформления документации. После анализа каждое подразделение сообщает о наличии или отсутствии замечаний по своей части. Если замечаний нет, то ведущий по теме утверждает ТЗ с заказчиком.

Однако возникает проблема, когда в ТЗ появляются новые или нестандартные требования, которые ранее не предусматривались или не имели

четкого распределения ответственности между подразделениями. Например, в ТЗ может появиться требование о каталогизации, которое ранее не входило в компетенцию ни одного из подразделений. В такой ситуации каждое подразделение, рассматривающее ТЗ, может считать, что это требование не относится к его компетенции, и не прокомментировать его. В результате все подразделения формально соглашаются с ТЗ, но на самом деле новое требование остается незамеченным.

Когда работа по проекту подходит к завершению и сроки поджимаются, становится очевидно, что требование по каталогизации никем не выполнено. Это ведет к серьезным организационным и временным проблемам. Начинаются взаимные обвинения между подразделениями: каждое из них считает, что ответственность за выполнение этого требования лежала на другом подразделении. В результате, чтобы успеть в сроки, руководству компании приходится срочно нанимать новых специалистов или перераспределять ресурсы, что увеличивает затраты.

Проблемы на этапе заключения контракта представляют собой серьезное испытание для эффективного производства приводов для высокоманевренных летательных аппаратов. Рассмотрим эту ситуацию более подробно.

Согласно общепринятым правилам, условия контракта не должны выходить за рамки требований, указанных в ТЗ. Это означает, что все обязательства, изложенные в контракте, должны основываться на ТЗ и не выходить за его пределы. Однако на практике договорный отдел заказчика может включить дополнительные условия в кон-

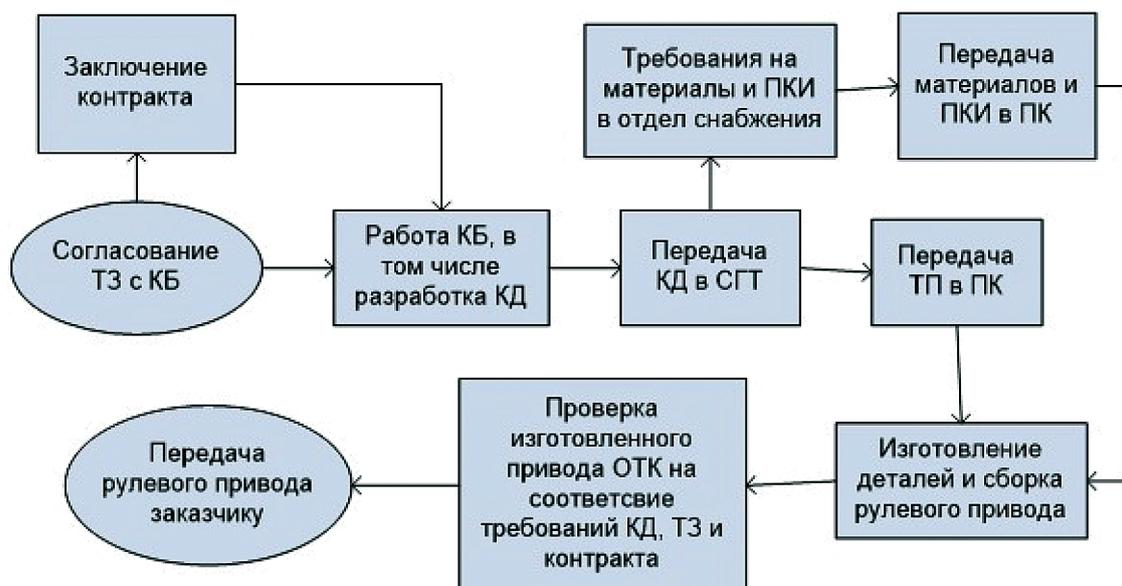


Рисунок 1. Схема процесса производства рулевого привода

тракт, которые не были указаны в ТЗ. Это может происходить по разным причинам: из-за недостаточной координации между подразделениями заказчика, стремления усилить контроль над исполнителем или просто по ошибке.

При этом договорный отдел исполнителя может не обратить внимания на такие дополнительные условия, стремясь как можно быстрее заключить контракт и начать работу. Это связано с тем, что выполнение этих условий не входит в обязанности договорного отдела исполнителя, а также с их убеждением, что основным документом для выполнения работ является ТЗ. В результате дополнительные условия контракта игнорируются на этапе его заключения.

В процессе реализации проекта технические специалисты исполнителя руководствуются ТЗ, поскольку этот документ является основным ориентиром для них. Они выполняют работы в соответствии с требованиями ТЗ, не обращая внимания на условия контракта, так как считают, что контракт – это документ, касающийся в основном юридических и финансовых аспектов, а не технических.

Аналогично технические специалисты заказчика, которые принимают работы, также ориентируются на ТЗ. Они проверяют выполнение работы в соответствии с требованиями ТЗ и не сверяют их с условиями контракта. В результате дополнительные условия, включенные в контракт, остаются невыполненными, но это обнаруживается только на этапе закрытия контракта.

Когда наступает срок завершения работ и приходит время закрытия контракта, договорный отдел заказчика проверяет выполнение всех условий контракта. На этом этапе оказывается, что некоторые условия контракта, не включенные в ТЗ, не были выполнены. Это приводит к конфликту между сторонами. Договорный отдел заказчика начинает требовать выполнения всех условий контракта, в то время как исполнитель утверждает, что эти условия не были указаны в ТЗ, а значит, они не обязательны. Начинается перекалывание ответственности: договорный отдел заказчика обвиняет технических специалистов исполнителя в невыполнении условий контракта, а исполнитель, в свою очередь, заявляет, что его ответственность ограничивается выполнением ТЗ.

Проблемы, возникающие при написании ТП в СГТ, – это пример того, как недостатки в организации работы могут привести к срыву сроков проекта и ухудшению отношений между подразделениями. Рассмотрим эту ситуацию более подробно.

Разработка технологических процессов – это сложная и многозадачная задача, которая требует от технологов не только глубоких знаний в обла-

сти производства, но и умения учитывать многие факторы, такие как выбор оборудования, разработка технологического оборудования, оптимизация производственных операций и многое другое. Однако не все участники процесса понимают, насколько трудоемкой и ответственной является эта работа. Зачастую на СГТ оказывается давление со стороны других подразделений, которые обвиняют технологов в задержке сроков. Чтобы избежать ответственности за возможные задержки, СГТ прибегает к определенной схеме. Когда срок написания ТП подходит к концу, технолог СГТ начинает внимательно изучать КД, предоставленную КБ. Цель этого изучения – найти даже небольшую ошибку или неточность, которую можно будет использовать как оправдание для задержки. После обнаружения ошибки технолог СГТ вызывает представителя КБ для ее исправления. Это может быть незначительное изменение, которое не влияет на конструкцию привода, но требует формальных изменений в КД. Представитель КБ вносит исправления в КД и ставит дату изменения. Это важно, поскольку формально дата внесения изменений в документацию указывает на то, что в проект были внесены изменения. После этого СГТ заявляет, что ТП почти готово, но из-за внесенных изменений в КД технологические процессы требуют доработки. Таким образом, вся ответственность за срыв сроков ложится на КБ.

Также возникают проблемы на этапе закупки материалов и комплектующих, которые заключаются в следующем. После получения заявки на закупку комплектующих отдел снабжения отправляет запрос поставщику. В ответ поставщик информирует, что срок поставки необходимых комплектующих составляет, например, два года из-за их нехватки на рынке. В результате, когда наступает этап сборки привода, оказывается, что работы не могут быть выполнены из-за отсутствия одного из ключевых комплектующих.

В то же время каждый из участников процесса формально выполнил свои обязательства. Конструкторское бюро разработало КД и указало необходимые комплектующие. СГТ выписал требования к материалам и комплектующим. Отдел снабжения отправил запрос поставщику и получил ответ о сроках поставки. Производственный цех ждет поставки комплектующих для начала сборки.

Один из способов решения проблемы мог бы заключаться в том, чтобы отделу снабжения обратиться в КБ с просьбой заменить компоненты с долгим сроком поставки на альтернативные, которые есть в наличии на рынке. Однако возникает другая трудность: КБ, не имея информации о сроках поставки различных марок комплектующих,



не может быстро и адекватно выбрать замену. Это ведет к задержкам в принятии решений и увеличению сроков проекта.

Проблемы задержки времени производства на этапе изготовления деталей являются одной из ключевых трудностей, с которыми сталкиваются предприятия. Рассмотрим эту ситуацию более подробно.

В процессе производства деталей в цехе часто случается, что работник допускает брак. Это может быть, например, рез (лишний след фрезы), чрезмерно снятая фаска или отклонение от радиуса закругления. В некоторых случаях такой дефект не влияет на эксплуатационные свойства детали, то есть деталь остается функциональной и может быть использована в сборке. Однако в соответствии с внутренними регламентами предприятия любое отклонение от КД требует согласования с КБ.

Чтобы легализовать брак, вызывается специалист КБ, который должен оценить, насколько критично отклонение для работы детали и привода в целом. Если дефект признан допустимым, то КБ вносит изменения в документацию для отражения фактического состояния детали. Это позволяет использовать деталь в производстве без нарушения требований к качеству.

Однако на практике цехи начинают злоупотреблять этой процедурой. Вместо того чтобы стремиться точно соответствовать требованиям КД и минимизировать брак, рабочие и руководители цеха могут намеренно допускать отклонения, зная, что их можно будет легализовать. Злоупотребление процедурой легализации брака создает серьезные проблемы для КБ. Специалисты КБ вынуждены тратить значительное время на оценку и утверждение дефектных частей, вместо того чтобы заниматься основными задачами, такими как разработка новой проектной документации, модернизация изделий или решение технических проблем. При этом пока КБ занимается утверждением дефектов, цех может простаивать в ожидании решения.

Проблема задержки времени производства на этапе приемки ОТК готового рулевого привода является одной из ключевых трудностей, с которыми сталкиваются предприятия, особенно в условиях высоких требований к качеству продукции. Рассмотрим эту ситуацию более подробно.

После завершения сборки привода изделие отправляется на приемочные испытания в ОТК. ОТК проверяет, что привод соответствует требованиям КД, техническому заданию и контракту. Только после успешной проверки ОТК ставит свое клеймо на изделие, подтверждая его качество, и затем изделие может быть передано заказчику. Однако именно на

этом этапе часто происходят задержки. ОТК, пытаясь минимизировать риски гарантийных обязательств, начинает тщательно анализировать КД, разработанную КБ. При этом замечания ОТК часто выходят за рамки требований стандартов и инструкций. ОТК объясняет это тем, что стандарты могут быть неоднозначно интерпретированы и поэтому документация не должна быть составлена строго по стандартам, а оформлена в более понятной форме.

ОТК, несущий ответственность за качество продукции перед заказчиком, стремится исключить любые возможные претензии. Это приводит к гипертрофированному вниманию к деталям и требованиям, которые могут быть не критичны для функциональности изделия. Споры между ОТК и КБ по документации приводят к задержкам в приемке изделия. Это, в свою очередь, сказывается на общем сроке производства и поставки продукции заказчику.

Как видим, в процессе производства часто возникают проблемы, которые перекладываются на КБ. Это происходит потому, что разработанная КД является основой для всех последующих этапов производства [3].

Такая ситуация создает значительную нагрузку на КБ, особенно когда требования к изменению КД поступают от других подразделений и часто оказываются необоснованными. Специалисты КБ вынуждены тратить время на оценку целесообразности и адекватности предлагаемых изменений. Это приводит к замедлению процессов, снижению оперативной эффективности и ухудшению взаимодействия между подразделениями [4].

Чтобы решить эти проблемы, на предприятии по производству приводов была создана новая структура – организационно-технический отдел (ОТО). Этот отдел стал промежуточным звеном между КБ и другими участниками производственного процесса. Его основная задача – обеспечить эффективное взаимодействие между подразделениями, отфильтровать необоснованные запросы и передать в КБ только те изменения, которые действительно необходимы [5]. Схема работы ОТО представлена на *рис. 2*.

ОТО действует как связующее звено между КБ и другими подразделениями предприятия. Это снизило нагрузку на КБ и упростило процесс обмена информацией. ОТО анализирует все поступающие предложения об изменениях в КД и фильтрует те, которые не имеют технического обоснования или не соответствуют требованиям стандартов. В КБ передаются только разумные и необходимые изменения. ОТО также отслеживает выполнение сроков работ на каждом этапе производства, что

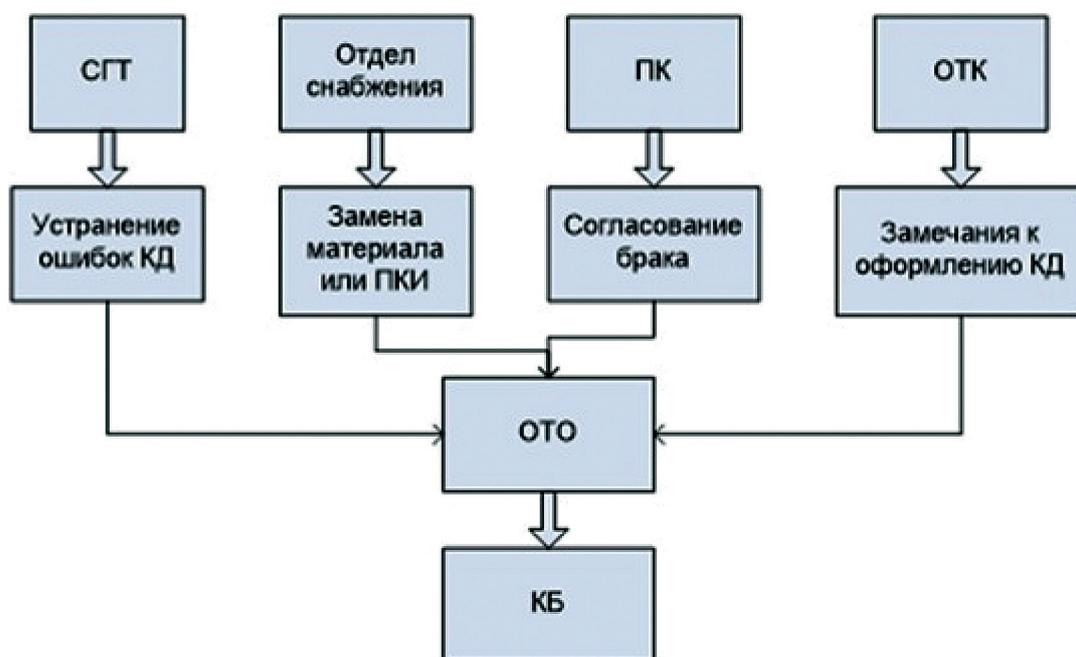


Рисунок 2. Схема работы организационно-технического отдела

позволяет своевременно выявлять и устранять задержки. ОТО берет на себя функции координации изменений между подразделениями, что ускоряет процесс принятия решений и снижает количество споров. ОТО анализирует причины возникновения проблем в производстве и предлагает меры по их устранению, что повышает общую эффективность предприятия.

#### Источники

1. Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием. М.: ИНФРА-М, 2022.
2. Перевощиков Ю.С., Дырин С.П., Жарина Н.А. Управление проектами в машиностроении. М.: ИНФРА-М, 2022.
3. Гличев А.В., Круглов М.И. Управление качеством продукции. М.: Экономика, 1979.
4. Лапыгин Ю.Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности. М.: Омега-Л, 2007.

5. ГОСТ Р ИСО 9001–2015. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]. Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200124394>

#### References

1. Turovets O.G. Organization of Production and Enterprise Management. – Moscow: INFRA-M, 2022.
2. Perevoshchikov Yu.S., Dyrin S.P., Zharina N.A. Project Management in Mechanical Engineering. – Moscow: INFRA-M, 2022.
3. Glichev A.V., Kruglov M.I. Product Quality Management. – Moscow: Ekonomika, 1979.
4. Lapygin Yu.N. Project Management: From Planning to Performance Evaluation. – Moscow: Omega-L, 2007.
5. GOST R ISO 9001-2015. Quality management systems. Requirements.



# Режимы деформирования транспортируемых дисперсных жидкотекучих грузов и методология определения их реологических характеристик

**Б.В. Бойцов**

*д-р техн. наук, Московский авиационный институт (МАИ (НИУ)); Москва*

**Е.П. Плавельский**

*д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); Москва*

**А.Е. Плавельский**

*ООО «ИЦ «ЦНИП СДМ»; Москва*

**Аннотация.** Приведены результаты исследований реологических характеристик транспортируемых мелкозернистых и товарных бетонных смесей на авторских конструкциях реометров, в том числе с использованием способа гравитационно-центробежной реометрии.

**Ключевые слова:** реометрия, мелкозернистая смесь, товарная бетонная смесь, неньютоновская жидкость, режимы деформирования, гравитационно-центробежный способ, транспортирование.

**Abstract.** The article presents the results of studies of rheological characteristics of transported fine-grained and commercial concrete mixtures using the author's rheometer designs, including the use of the gravity-centrifugal rheometry method.

**Keywords:** rheometry, fine-grained mixture, commercial concrete mixture, non-Newtonian fluid, deformation modes, gravity-centrifugal method, transportation.

Реометрия транспортируемых дисперсных жидкотекучих грузов, в том числе неньютоновских жидкостей, представляет собой малоизученный раздел прикладной механики. Неньютоновская

жидкость отличается от ньютоновской наличием касательных напряжений (внутреннего трения) в состоянии покоя. Эти же свойства присущи дисперсным жидкостям с крупными включениями, то есть товарным бетонным, растворным смесям, транспортируемым в автобетоносмесителях, автобетоновозах, авторастворовозах, автосамосвалах, где крупность щебня доходит до 4–7 см. Поэтому классические вискозиметры не находят себе применения из-за неомогенности исследуемых жидкотекучих грузов.

Экспериментальные исследования колебаний рабочих сосудов автобетоносмесителей, авторастворовозов, автобетоновозов по определению режимов деформирования производились в эксплуатационных и стендовых условиях ЦНИП СДМ и в условиях спецдорог автополигона НАМИ при транспортировании бетонных смесей различной консистенции и их аналогов [1]. Методология экспериментальных исследований определялась видом исследуемых процессов колебаний, типом и конструктивными особенностями колесных бетонотранспортных машин (БТМ). При этом использовались типовые и рабочие программы и методики экспериментальных исследований и испытаний, разработанные на Центральном научно-испытательном полигоне строительных и дорожных машин (ЦНИП СДМ) и Дмитровском автополигоне НАМИ.

В результате исследований установлено, что хорошую оценку уровня вертикальных и угловых колебаний рабочих сосудов автобетоносмесителей, авторастворовозов и автобетоновозов от дорожных неровностей дают измерения с помощью датчиков ускорения, установленных на раме шасси. Наиболее интенсивные ускорения наблюдались в области собственных частот колебаний базового автомобиля. Так, в автобетоносмесителе СБ-83 на базе седельного тягача МАЗ низшая собственная частота вертикальных колебаний составила 2,5–3,3 Гц в зависимости от степени заполнения рабочего

сосуда, а более высокая частота колебаний составила 7 Гц, которая наблюдалась при транспортировании бетонной смеси с осадкой стандартного конуса 3–5 см. При движении по разбитой дороге ЦНИП – Пушкино со скоростью 15–20 км/ч вертикальные ускорения загрузочной части сосуда достигали 1,2 g с увеличением до 1,6 g при движении под уклон 6–10 градусов. Экспериментальные исследования колебаний рабочего сосуда автобетоновоза СБ-113 на шасси МАЗ, загруженного аналогом бетонной смеси с осадкой стандартного конуса 8–10 см, показали, что спектр собственных частот колебаний составляет 1,8–2,0 Гц и 8–10 Гц.

По данным НАМИ спектр ускорений в кузове грузовых автомобилей в эксплуатационных режимах имеет достаточно широкий диапазон частот до 100–150 Гц. Установлено, что в обычных условиях при скорости движения 30–40 км/ч на диапазон 0–15 Гц приходится 60–90% от всей дисперсии вертикальных ускорений в диапазоне 0–100 Гц, а амплитуда ускорений составляет (0,3–0,65) g. При движении автомобиля с жестко закрепленным грузом спектр вертикальных ускорений имеет ярко выраженный максимум в пределах частот 1,5–2,5 Гц, определяемый колебаниями поддрессоренных масс шасси.

Динамика рабочих сосудов колесных БТМ в горизонтальной плоскости наиболее показательна при экстренном торможении машины, которое предусмотрено в качестве обязательного этапа испытаний в соответствии с Правилами ООН № 13 «Эффективность тормозных систем». При экстренном торможении автобетоновоза СБ-124 на шасси КамАЗ-5511 движение бетонной смеси в рабочем сосуде осуществлялось с перемещением всей массы смеси в рабочем сосуде после преодоления предельного напряжения сдвига и ударом в переднюю стенку сосуда автобетоновоза. При этом ходовая часть шасси выходила из строя из-за большой нагрузки при ударе переместившейся массы о переднюю стенку рабочего сосуда в продольной плоскости [2].

Если при вертикальных колебаниях рабочего сосуда колесной БТМ свободная поверхность бетонной смеси практически неподвижна, если пренебречь эффектом уплотнения бетонной смеси, то при горизонтальных колебаниях в поперечной плоскости движение свободной поверхности жидкотекучего груза зависит от соотношения сил инерции и сопротивления сдвигу транспортируемой смеси.

Перемещения свободной поверхности бетонной смеси при угловых колебаниях рабочих сосудов колесных БТМ в поперечной плоскости предопределяют дополнительные степени свободы, многочастотность системы «рабочий сосуд – под-

вижная бетонная смесь». В последнем случае при исследовании угловых колебаний использовались гироскопические датчики крена.

Экспериментальные исследования полуприцепного автобетоносмесителя СБ-130 в поперечной плоскости проводились при повороте машины с увеличением скорости от заезда к заезду, при повороте рулевого колеса по синусоидальному и ступенчатому законам на испытательных дорогах автополигона. При этом регистрировались угол поворота рулевого колеса, боковое ускорение, углы поперечного крена и углы курса тягача и полуприцепа. Задающей величиной служил угол поворота рулевого колеса. При этом следует отметить особенность поперечных колебаний рабочих сосудов автобетоносмесителей, заключающуюся в том, что при незаторможенном рабочем сосуде в первом приближении мы получаем модель физического маятника с частотой собственных колебаний. При этом установлено, что самым опасным режимом испытаний в поперечной плоскости является «рывок руля», так как появляется вероятность деформации рамы тягача и выхода полуприцепного автобетоносмесителя из строя.

Таким образом, рабочие сосуды колесных БТМ, частично заполненные подвижной бетонной смесью, подвержены низкочастотным угловым и вертикальным колебаниям. При этом периодические угловые колебания рабочих сосудов генерируют колебания свободной поверхности бетонной смеси, то есть транспортируемая бетонная смесь претерпевает нестационарный, знакопеременный режим деформирования. При малых вращениях рабочего сосуда режим деформирования бетонной смеси стабилизируется.

Установившиеся классические представления о реологии бетонных смесей связаны с исследованиями течения того или иного состава бетонной смеси в положительных координатах напряжения сдвига ( $\tau$ ) и градиента скорости деформации ( $\dot{\gamma}$ ) с изменением исследуемых факторов. Дальнейшее расширение указанных представлений связано с рассмотрением поведения бетонных смесей одновременно во всех координатных областях, что соответствует рассмотренным выше режимам деформирования бетонных смесей при транспортировании их в рабочих сосудах колесных БТМ.

Для исследования реологических характеристик транспортируемых мелкозернистых бетонных смесей при знакопеременном низкочастотном режиме деформирования разработан ротационный реометр типа «кольцо – кольцо», работающий по принципу реометрической системы «агрегат – среда», имитирующей режимы деформирования смеси в рабочем сосуде колесной БТМ на заданной



глубине. При этом испытываемая бетонная смесь помещается между двумя плоскими кольцами, реверсивно вращающимися относительно друг друга с регулируемой частотой. Нижнее кольцо выполнено заодно с чашей для испытываемого материала, боковые стенки которой представляют собой соосные цилиндры и установлены на телах качения для попеременного вращения вокруг вертикальной оси. Кроме того нижнее кольцо соединено с гидро- или пневмоцилиндром, поршневая и штоковая плоскости которого соединены с системой управления, включающий в себя задатчик скорости. Верхнее кольцо через моментомер и сферический подшипник соединено с устройством вертикального пригруза, выполненного, например, в виде пружины с регулируемой степенью сжатия. Верхние и нижние кольца имеют контактные ребрения для исключения проскальзывания между испытываемым материалом и кольцами. Для исключения влияния краевого эффекта на точность измерения верхнее кольцо имеет конусообразные боковые поверхности с расширением вниз, а также закрывки в виде продолжения вниз конусообразных боковых поверхностей верхнего кольца на глубину контактных ребрений. Реометр снабжен датчиком скорости и регистрирующим устройством [3].

Традиционным режимом для реологических измерений в ротационных реометрах является режим деформирования с постоянной скоростью сдвига. Однако, как показано выше, режим де-

формирования транспортируемой бетонной смеси определяется относительными колебаниями свободной поверхности транспортируемого груза и рабочего сосуда колесной бетонотранспортной машины с периодом от 0,5 до 3 сек. Достоинством разработанного реометра является то, что реологические характеристики испытываемой смеси регистрируются непрерывно во всех координатных областях, то есть реализуется принцип имитационной реометрии. В результате этого регистрируемые одновременно сдвиговые напряжения, вычисляемые через момент сопротивления и скорость (градиент скорости) вращения нижнего кольца реометра, позволяют получить реограмму испытываемой бетонной смеси в виде гистерезисной петли. На *рис. 1* приведены полученные реограммы мелкозернистой бетонной смеси с осадкой стандартного конуса 15 см при составе смеси Ц: П = 1:3.

Интервал изменения нормального пригруза изменялся в пределах от 30 до 300 Н. Петлеобразный вид полученных реограмм характеризует вязкостные гистерезисные свойства бетонной смеси при знакопеременном режиме деформирования. Причем с увеличением нормальной нагрузки на смесь наблюдается усиление нелинейности гистерезисной петли, что объясняется более ярким выражением трибометрических свойств смеси с ростом нормальной нагрузки.

Коэффициент вязкости в каждой точке петли гистерезиса или ее скелетной кривой определяется углом наклона прямой, проходящей через данную

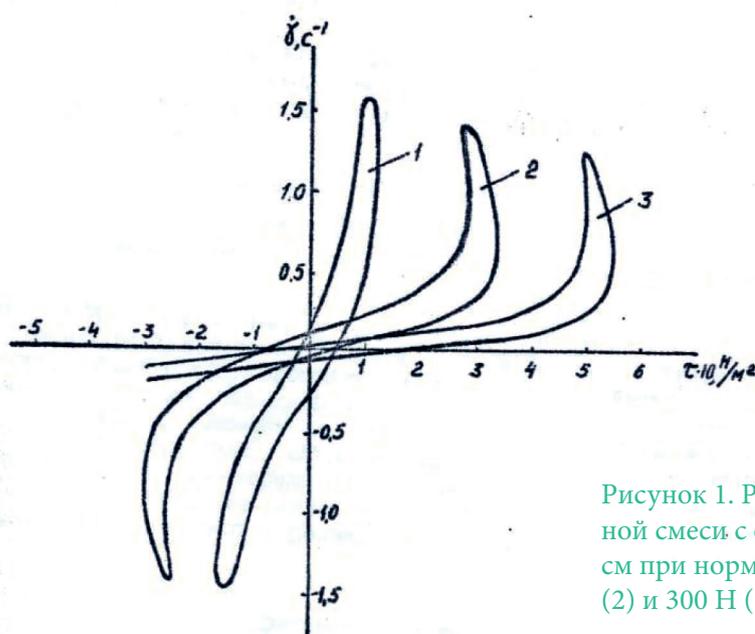


Рисунок 1. Реограммы мелкозернистой бетонной смеси с осадкой стандартного конуса 15 см при нормальном давлении 30 Н (1), 220 Н (2) и 300 Н (3)

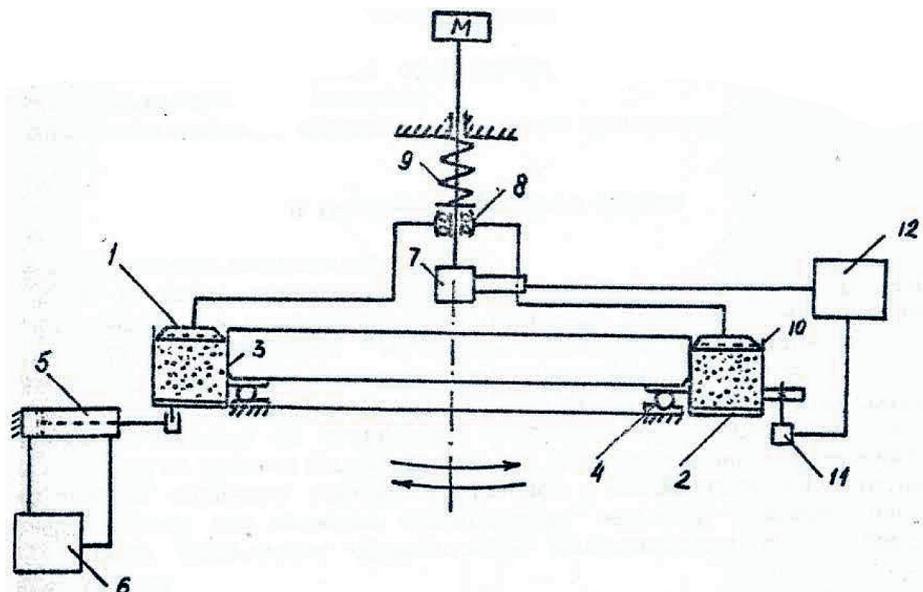


Рисунок 2. Ротационный реометр для вязкопластичных сред: 1 – верхнее кольцо; 2 – нижнее кольцо; 3 – чаша; 4 – тела качения; 5 – силовой цилиндр; 6 – система управления; 7 – датчик момента; 8 – подшипник; 9 – прижимная пружина; 10 – закрылки; 11 – датчик скорости; 12 – регистрирующее устройство

точку и начало координат или, переходя к выражениям для  $\tau$  и  $\dot{\gamma}$ , имеем (рис. 2):

$$\dot{\gamma} = Mh / (2\pi w b R_{cp}), \quad (1)$$

где  $M$  – момент сопротивления;  $h$  – высота сдвигаемого слоя;  $w$  – текущее значение частоты вращения подвижного кольца реометра;  $b$  – ширина сдвигаемого слоя;  $R_{cp}$  – среднее значение радиуса сдвигаемого цилиндра.

В отличие от упругого гистерезиса, наблюдаемого в конструкционных материалах с упругими несовершенствами, вязкостный гистерезис в данном случае связан с вязкостными несовершенствами транспортируемого груза.

Переходя от растворных и мелкозернистых бетонных смесей к товарным бетонным смесям, целесообразно использовать новый принцип практической реометрии – гравитационно-центробежный [4]. Для этой цели используются зависимости между критериями Фруда  $Fr$  и Рейнольдса  $Re$  для рабочего сосуда барабанного типа, частично заполненного бетонной смесью. Указанная зависимость характеризует границу перехода от водопадного режима движения бетонной смеси в рабочем сосуде к центрифугированию. Особенностью этого перехода является его скоротечность с резким уменьшением момента сопротивления вращению рабочего сосуда и его модели (рис. 3). Позициями 1 и 3 обозначены безразрывные движения смеси, а позицией 2 – движение смеси с разрывом сплошности. Различия в движениях 1 и 3 кроме того за-

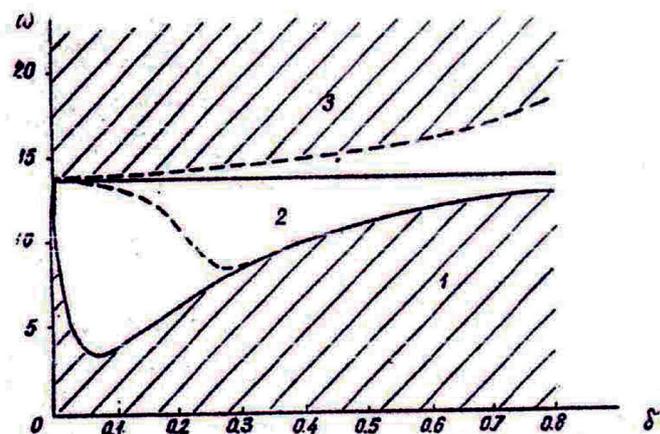


Рисунок 3. График движения сыпучего материала без разрыва (1, 3) и с разрывом (2) сплошности в рабочем сосуде реометра при плавном изменении частоты его вращения

ключаются в том, что в первом случае наблюдается относительное движение испытываемой смеси и барабана, а во втором случае относительное движение практически отсутствует. Заштрихованы области безразрывного движения. Характером относительного движения испытываемой смеси и барабана определяется сопротивление вращению барабана (рис. 3).

Таким образом, момент сопротивления  $M$  вращению барабана проявляет четкую зависимость от частоты  $\omega$  его вращения и свойств загруженной



в барабан смеси, что хорошо видно из рис. 4а. Здесь степень заполнения барабана составляет величину, равную 0,5. При этом зависимости  $M=f(\omega)$  имеют вид асинхронных кривых, где вода (1) и сухая песчаная смесь (2) занимают крайние положения. Промежуточное значение (3) занимает бетонная смесь. Стрелками показан резкий спад момента сопротивления вращению барабана, что связано с центрифугированием материала, находящегося в барабане. Максимальное значение момента  $M$  определяет переход от водопадного движения смеси в барабане к центрифугированию. Далее приводится описание указанного способа определения реологических характеристик товарной бетонной смеси. Горизонтально расположенный барабан загружается исследуемой бетонной смесью. При этом степень загрузки составляет величину от 0,2 до 0,5. Включается привод барабана и осуществляется его плавный разгон. После центрифугирования смеси и сброса момента сопротивления вращению привод барабана реометра выключается после регистрации момента  $M$  и скорости вращения привода, которая включает в себя измерение параметров движения рабочего сосуда реометра в виде горизонтально расположенного цилиндрического барабана с бетонной или другой дисперсной смесью при переменной частоте вращения. При достижении критического значения частоты вращения реометра, то есть при центрифугировании бетонной смеси, резко падает момент сопротивления вращению реометра и характеристика «момент сопротивления – частота вращения» приобретает вид асинхронной кривой. Наиболее ярко выражены эти характеристики, как показывают экспериментальные исследования, при коэффициенте заполнения рабочего сосуда реометра бетонной смесью,

равном 0,5 (рис. 4б). С метрологической точки зрения наиболее целесообразным является тот коэффициент заполнения, при котором угол наклона зависимости  $Fr=f(Re)$  обеспечивает минимальную погрешность измерения, то есть меньше 0,5.

Таким образом, в реометре барабанного типа регистрируются и записываются два параметра: момент сопротивления и частота вращения. По максимальному значению момента сопротивления определяется значение числа Фруда:

$$Fr = \omega^2 L/g, \quad (2)$$

где  $L$  – характерный размер рабочего сосуда, в качестве которого принят радиус барабана.

По зависимости  $Fr$ , полученной для данного реометра на тарировочных жидкостях, определяется число Рейнольдса  $Re$ , которое в зависимости от необходимой точности измерения исследуемой смеси имеет вид:

$$Re = \frac{\rho \omega L^2}{\eta} = \frac{\omega L^2}{\nu}. \quad (3)$$

Способ определения кажущейся вязкости транспортируемых товарных бетонных смесей осуществляется следующим образом. Барабану, частично заполненному исследуемой дисперсной смесью и установленному горизонтально, придают вращательное движение с увеличением измеряемой частоты вращения до центрифугирования находящейся в барабане смеси с одновременным измерением момента сопротивления вращению барабана, по которому определяют момент центрифугирования, и определением по числу Фруда ( $Fr$ ) числа Рейнольдса ( $Re$ ) по зависимости  $Re = f(Fr)$ , общей для всех реометров барабанного типа при заданной степени заполнения, по величине которой определяют кажущуюся вязкость согласно уравнению (4).

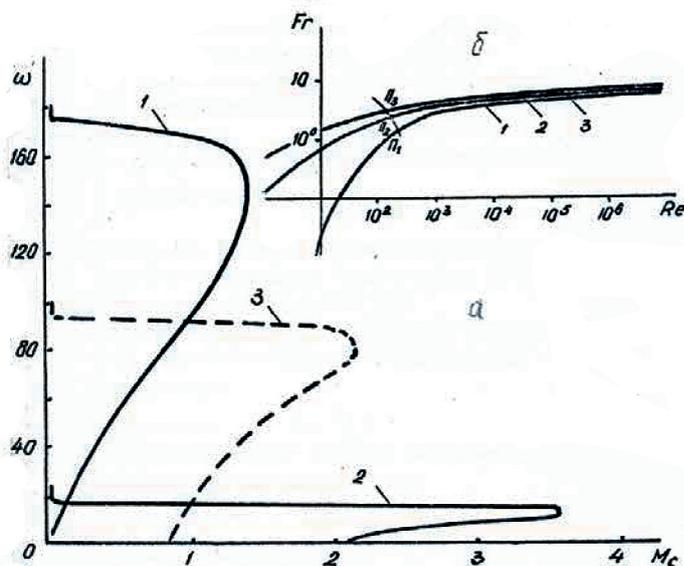


Рисунок 4. График зависимости сопротивления вращению реометра при степени заполнения его наполовину водой (1), бетонной смесью (2), песком (3) (рис. 4а). На рис. 4б приведены зависимости  $Re = f(Fr)$

$$\eta_k = \frac{\rho \omega L^2}{Re} \quad (4)$$

При этом на рис. 4б приведены зависимости числа Рейнольдса от числа Фруда реометра барабанного типа при степени заполнения товарной бетонной смесью барабана реометра не более значения 0,5.

### Выводы

В статье приведен анализ режимов деформирования транспортируемых неньютоновских дисперсных сред, которыми являются мелкозернистые растворные, бетонные и товарные бетонные смеси. Приведены разработанные практические способы определения кажущейся вязкости вышеуказанных смесей, что дает возможность прогнозировать динамическую нагруженность транспортного средства при колебании свободной поверхности транспортируемой смеси в продольной и поперечной плоскостях. Проведенные исследования позволяют повысить адекватность цифровых моделей при виртуальных испытаниях, создании и совершенствовании колесных бетонотранспортных машин [5, 6].

### Источники

1. Загарин Д.А., Плавельский Е.П., Сурков С.А., Плавельский А.Е. Сотрудничество испытатель-

ных полигонов ЦНИП СДМ и НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ» с 80-х годов прошлого века по настоящее время // Строительные и дорожные машины. 2020. № 10. С. 44–47.

2. Плавельский А.Е., Плавельский Е.П. Динамика экстренного торможения самоходной машины с жидкотекучим грузом с нелинейной реологией // Строительные и дорожные машины. 2021. № 9. С. 41–43.

3. Плавельский Е.П. и др. Ротационный реометр для вязкопластичных дисперсных сред // А. с. SU 1326953 А1.

4. Плавельский Е.П. и др. Способ определения кажущейся вязкости бетонных и других дисперсных смесей // Патент SU 1810010 А3.

5. Давыдов А.Д., Плавельский Е.П. и др. Оценка устойчивости транспортных средств, перевозящих опасные грузы // Materialy konferencyjne Autoprogress – 98: wydano w 3 tomach. T. 3 // Варшава, 1998. С. 65–74.

6. Загарин Д.А., Плавельский А.Е., Плавельский Е.П., Скуль В.И. О виртуальных и натурных испытаниях строительных, дорожных, горных машин и спецавтотранспортных средств // Законодательная и прикладная метрология. 2024. № 5. С. 25–29.

### References

1. Zagarin D.A., Plavelsky E.P., Surkov S.A., Plavelsky A.E. Cooperation of the test sites of TsNIP SDM and NITsIAMT FSUE «NAMI» from the 80s of the last century to the present // Construction and road machines. 2020. No. 10. Pp. 44-47.

2. Plavelsky A.E., Plavelsky E.P. Dynamics of emergency braking of a self-propelled vehicle with a fluid load with nonlinear rheology // Construction and road machines. 2021. No. 9. Pp. 41-43.

3. Plavelsky E.P. et al. Rotational rheometer for viscoplastic dispersed media // A. s. SU 1326953 A1.

4. Plavelsky E.P. and others. Method for Determining the Apparent Viscosity of Concrete and Other Dispersed Mixtures // Patent SU 1810010 A3.

5. Davydov AD, Plavelsky EP et al. Assessment of Stability of Vehicles Carrying Dangerous Goods // Materialy konferencyjne Autoprogress – 98: wydano w 3 tomach. T. 3 // Warsaw, 1998. Pp. 65–74.

6. Zagarin DA, Plavelsky AE, Plavelsky EP, Skel VI On Virtual and In-kind Tests of Construction, Road, Mining Machines and Specialized Vehicles // Legislative and Applied Metrology. 2024. No. 5. Pp. 25–29.



# О влиянии геомагнитных возмущений на работу наземных электролиний

## Ю.Н. Харитонов

канд. техн. наук, доцент,  
РУТ (МИИТ); Москва  
e-mail: haritonoy@mail.ru

## Л.М. Касименко

канд. техн. наук., доцент; Москва  
e-mail: kasimenkolm@mail.com

## Н.С. Бабич

мл. науч. сотр., РУТ(МИИТ); Москва  
e-mail: babichnikolay35@gmail.com

**Аннотация.** С технологическим прогрессом человечества и с развитием все более мощной технической наземной и космической инфраструктуры все ощутимее дают о себе знать не замечаемые ранее факторы, влияющие на ее функционирование и способные создать серьезные угрозы ее безопасности. К таким факторам, интенсивно изучаемым в настоящее время в различных сферах человеческой деятельности на Земле и в космосе, относятся факторы космической погоды [1]), обусловленные воздействием солнечной активности на Землю и окружающее ее пространство (рис. 1).

**Ключевые слова:** геомагнитные возмущения, магнитные бури, космическая погода, солнечная активность, полярные сияния, индукционные токи, линии электропередачи (ЛЭП), техносфера, магнитосфера, электромагнитное поле, энергетическая инфраструктура, железнодорожная автоматика, авроральная зона, полярные суббури, геоиндуцированные токи, резонансные явления, электромагнитные помехи, ионосферные возмущения, авроральный овал.

**Summary.** With the technological progress of mankind and the development of increasingly powerful technical ground and space infrastructure, previously unnoticed factors that affect its functioning and are capable of creating serious threats to its safety are

becoming increasingly noticeable. Such factors, currently being intensively studied in various areas of human activity on Earth and in space, include space weather factors [1]), caused by the impact of solar activity on the Earth and the space surrounding it (Fig. 1).

**Keywords:** Geomagnetic disturbances, magnetic storms, space weather, solar activity, polar lights, induced currents, power transmission lines (PTL), technosphere, magnetosphere, electromagnetic field, energy infrastructure, railway automation, auroral zone, polar substorms, geoinduced currents, resonance phenomena, electromagnetic interference, ionospheric disturbances, auroral.

Задача о необходимости выхода на принципиально новый уровень безопасности в сфере энергетики, а также в сфере разработки предложений и плана действий по повышению безопасности энергоинфраструктуры требует учета всех факторов, представляющих реальную опасность для объектов энергоинфраструктуры. К числу таких факторов относятся опасные воздействия космической погоды – солнечной и геомагнитной активности. Сильные геомагнитные возмущения, то есть возмущения магнитного поля Земли, обусловленные активными явлениями на Солнце – выбросами массы и вспышками, способны вызвать серьезные нарушения работы энергосистем. Причиной геомагнитных возмущений и источником формирования космической погоды является Солнце и его активность. Солнце представляет собой типичную звезду, каких много во Вселенной. Оно определяет саму жизнь и влияет на многие сферы человеческой деятельности на Земле и в космосе.

Активные явления на Солнце воздействуют на Землю и ОКП, они являются основными источниками космической погоды на нашей планете и в ближнем космосе. Они охватывают магнитосферу, атмосферу и ионосферу Земли, проявляются на ее поверхности и влияют на среду обитания и деятельности человека.

С точки зрения физики полярное сияние – это гигантский газовый разряд. В газоразрядных трубках электрическое поле ускоряет ионизированные частицы, и при столкновениях с молекулами газа в трубке возникает свечение. Абсолютно то же самое происходит над Землей: во время магнитной

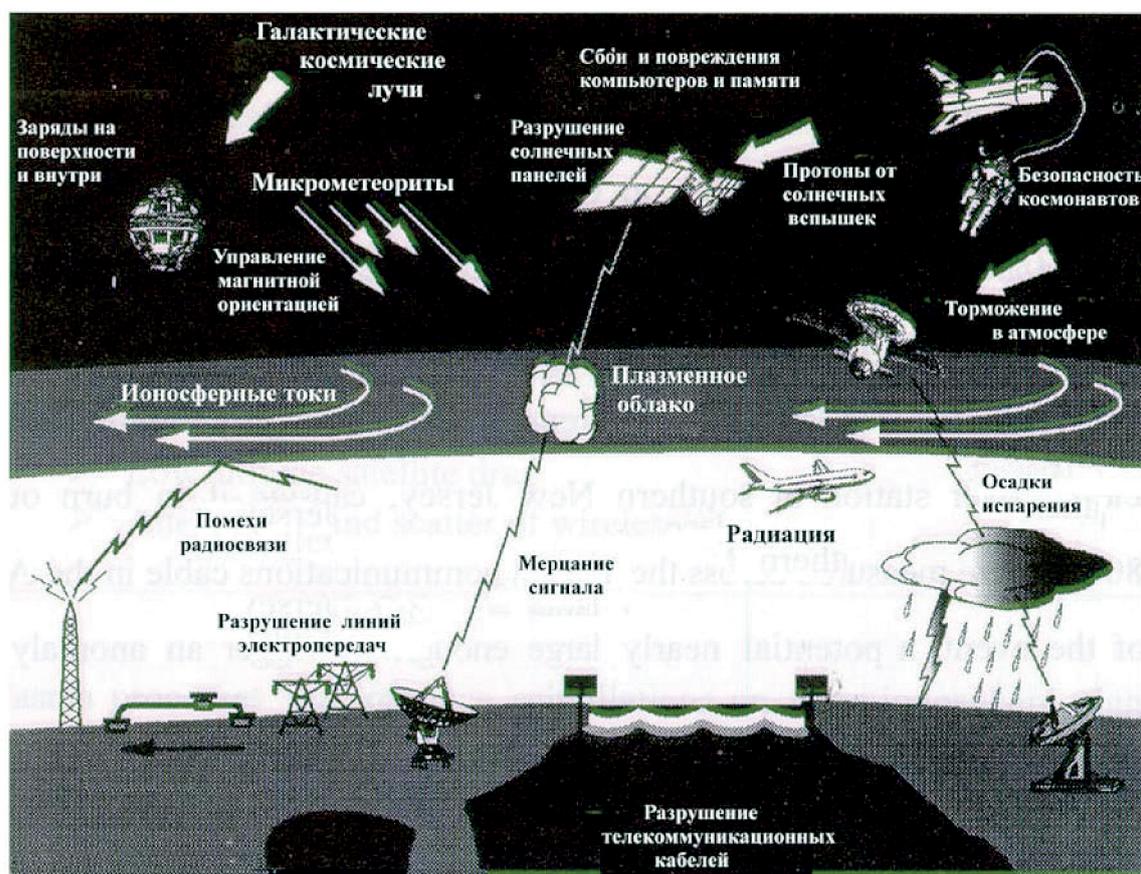


Рисунок 1. Воздействие факторов космической погоды на технические системы на Земле и в космосе

суббури частицы околоземной плазмы ускоряются в электрических полях, выпадают в атмосферу, сталкиваются с ее молекулами и дают то сияние, которое мы видим в ночные часы. Полярные сияния на фоновом уровне существуют постоянно, даже когда мы их не видим. Вокруг полярных шапок Земли постоянно «висит» светящийся нимб – авроральный овал (рис. 2).

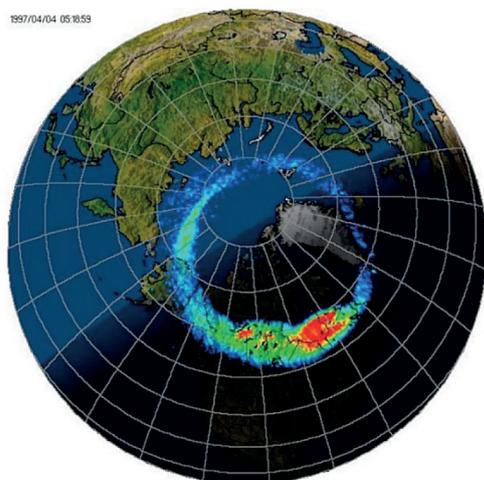


Рисунок 2. Авроральный овал

Главный источник воздействия магнитных возмущений на техносферу – пульсации магнитного поля. Воздействие магнитных бурь на технические объекты вызвано индукционным электрическим полем, возникающим при быстром изменении напряженности магнитного поля на Земле. Впервые ощутимые эффекты этого рода отмечались во время мощной магнитной бури 1 сентября 1859 г., которую связывают с именем английского астронома Кэррингтона, изучавшего солнечные пятна.

В те дни на Земле было еще не так много электрических приборов, но разрушения оказались заметными: мощные токи вывели из строя телеграфные линии, сгорел трансформатор на электростанции. С тех пор количество технических аварий, коррелирующих с космофизическими показателями, существенно выросло [1–4]. После одной из аварий выяснилось, что даже небольшое увеличение силы постоянного тока может вывести из строя трансформатор, предназначенный для преобразования переменного тока. Эта добавка вводит его в режим

работы с избыточным магнитным насыщением сердечника, что приводит к перегреву обмоток и в конце концов к аварии всей системы.



Воздействие вызывается электродвижущей силой, индуцируемой короткопериодическими вариациями геомагнитного поля. Наводимая разность потенциалов невелика и составляет примерно несколько вольт на километр (максимальное значение было зарегистрировано в 1940 г. в Норвегии и составило около 50 В/км), но в протяженных проводниках с низким сопротивлением – линиях связи и электропередачи, трубопроводах, рельсах железных дорог – полная сила индуцированных токов может достигать десятков и сотен ампер. Наибольшее воздействие испытывают электрические линии, протянутые с востока на запад в полярных районах.

Мировые магнитные бури вызываются «поджатием» магнитосферы мощным потоком скоростного солнечного ветра и приводят к образованию кольцевого тока вокруг Земли (авроральный пространственный ток) и (как следствие) к понижению напряженности магнитного поля в приэкваториальных районах (рис. 3).

Полярные бури, или суббури, гораздо более многочисленны. Это последствия взрывного высвобождения накопленной в магнитосфере энергии, они также вызывают понижение напряженности магнитного поля преимущественно в приполярных районах. Наведенное индукционное поле пропорционально величине и скорости изменения напряженности магнитного поля. У сильной магнитной бури вызванное кольцевым током понижение напряженности магнитного поля на Земле составляет 250÷400 нТл. При этом падение напряженности продолжается от нескольких часов до суток. В то же время при средней по мощности суббуре магнитные, так называемые бухтообразные, возмущения магнитудой в 300–600 нТл развиваются за время от 1 до 10 мин. В результате наводимая суббурей ЭДС на два порядка выше, чем вызванное кольцевым током сильной магнитной бури. Например, в августе 1972 г. магнитная буря была слабой (50 нТл), а авроральная

активность – высокой, в результате чего разрушился сетевой трансформатор в Британской Колумбии (авроральная зона Канадыш [2]).

Во время магнитных бурь суббуревые магнитные бухты достигают магнитуды 1000–2000 нТл. Дополнительно значительные магнитные возмущения в авроральной и субавроральной области возникают и в момент прихода ударной волны солнечного ветра. Импульс магнитного возмущения вызывает на ночной стороне радиальный перенос к Земле и ускорение авроральных электронов с последующим сбросом в атмосферу, что также вызывает большие ионосферные токи. Максимальное воздействие на техносферу должно наблюдаться на широтах суббуревой активности, в авроральной зоне.

Авроральная зона – это полоса широт, на которых регистрируются самые мощные магнитные возмущения и самые яркие полярные сияния («аврора» по-английски и означает полярное сияние).

Полярные сияния – это не только завораживающее по красоте явление, но и индикатор возмущения космической погоды в околоземном пространстве. Высыпающиеся в верхнюю атмосферу потоки частиц, создающих полярные сияния, провоцируют сильное возмущение ионосферы.

В результате нарушается коротковолновая радиосвязь, которая идет через отражение от ионосферы, и спутниковая радиосвязь, если радиотрасса проходит через авроральный овал. Ионосферная турбулентность существенно осложняет жизнь глобальным навигационным спутниковым системам типа GPS и ГЛОНАСС.

В авроральном овале (рис. 4) протекают интенсивные токи, которые возбуждают геоиндуцированные токи в линиях электропередачи и трубопроводах, снижающих надежность их работы. Еще один технологический объект, который подвержен этому влиянию, – системы автоматической сигнализации на железных дорогах.

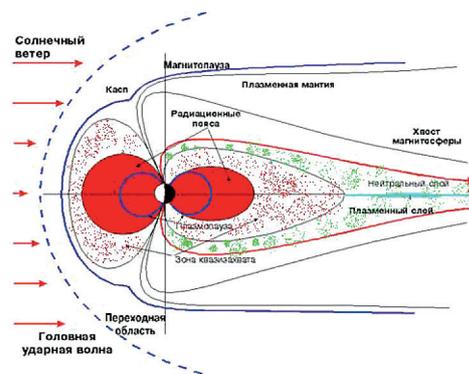
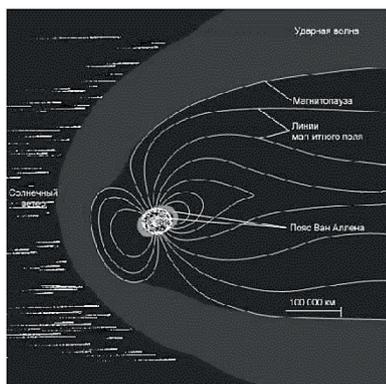


Рисунок 3. Схема основных областей и границ магнитосферы Земли. «Поджатие» магнитосферы мощным потоком скоростного солнечного ветра

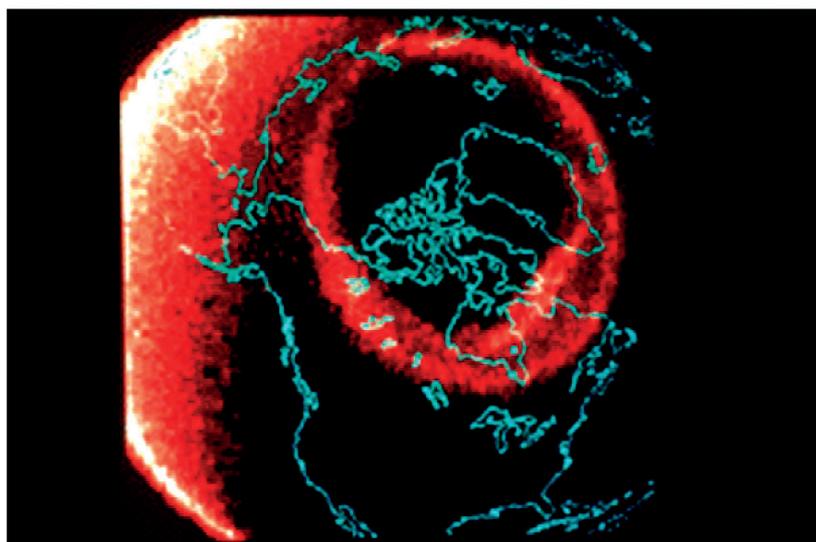


Рисунок 4. Авроральный овал

Рельсовая система автоматической сигнализации работает так: к рельсам подводится небольшой потенциал. Если на путях стоит поезд, происходит замыкание – реле срабатывает и загорается красный сигнал. Если же поезда нет, горит разрешающий зеленый свет.

Железнодорожники заметили, что во время сильных магнитных бурь и полярных сияний беспричинно начинает срабатывать сигнализация, то есть путь как будто бы занят. Весь график поездов сбивается, потому что несколько часов подряд красный свет хаотически включается и выключается. Эти ложные срабатывания происходят за счет токов в поверхностных слоях Земли, которые наводятся при магнитных возмущениях и нагружают реле.

Околоземная плазма очень разреженная, там частицы не сталкиваются друг с другом, поэтому повлиять друг на друга и передавать энергию от одних групп частиц другим они могут только через электромагнитные поля. Одни частицы возбуждают волны, а те в свою очередь воздействуют на другие частицы и заставляют их изменить траекторию, высыпаться в атмосферу или ускориться.

Обнаружено, что когда низкоорбитальный спутник пролетает над мощным радиопередатчиком, он видит, что поток энергичных электронов, высыпавшихся в атмосферу, резко возрастает. Получается, над каждым таким передатчиком происходит искусственная модификация ионосферы и возникает искусственное полярное сияние.

Даже есть выдвигаемая серьезными специалистами гипотеза, что провал в интенсивности внешнего радиационного пояса, образующийся на расстояниях порядка трех радиусов Земли, обусловлен именно постоянной работой многочисленных радиопередатчиков, сконцентрированных на средних

широтах. Другой тип гигантских излучающих электромагнитных антенн, охвативший всю планету, – это линии электропередачи (ЛЭП). При большой нагрузке или под воздействием геоиндуцированных токов ЛЭП начинает работать в несбалансированном режиме и невольно становится крупномасштабным излучателем.

Излучения ЛЭП (как на основной частоте 50/60 Гц, так и на высоких гармониках) регистрируются в космосе на околоземных спутниках над промышленно развитыми регионами планеты. И степень такого электромагнитного «засорения» космоса постоянно нарастает по мере технологического развития.

Резкий скачок интенсивности «электромагнитного засорения» спутники отметили после запуска крайневых высоковольтных ЛЭП в Китае.

Этот эффект может иметь последствия, которые мы пока предсказать не можем. Уже сейчас в некоторых частотных диапазонах человечество начинает жить в электромагнитном окружении, создаваемом не природой, а промышленной деятельностью.

Все околоземное пространство насыщено силовыми линиями геомагнитного поля, которые замыкаются на поверхности Земли. Эти линии выполняют функцию направляющих каналов для потоков частиц и разнообразных электромагнитных излучений. В результате ионосфера функционирует как гигантский экран, на котором визуализируются реакции на космические процессы, происходящие в околоземном пространстве. Полярные сияния в свою очередь представляют собой явления, отражающие последствия космических событий и катастроф, происходящих на значительном удалении от нашей планеты, на расстояниях порядка сотен тысяч километров.



В системе магнитных координат область широт с максимальной активностью полярных магнитных бурь представляет собой окружность на широте 65–70°, в центре которой находится магнитный полюс. Окружность несколько искажена, поскольку дипольное поле Земли не строго дипольное. Так как магнитный полюс смещен от географического в сторону Канады, авроральная зона в географической системе координат будет также смещена в сторону Северной Америки. Авроральная зона в России и Северной Европе в основном проходит над Северным Ледовитым океаном, не затрагивая насыщенных техникой областей. Это одна из двух основных причин, по которым техногенные катастрофы, связанные с полярными бурями, в России практически не исследованы. Вторая причина – в том, что информация о технических нарушениях труднодоступна.

Измерения положения северного магнитного полюса Земли показывают, что полюс смещается от берегов Северной Канады в Ледовитый океан по направлению к Сибири. С 1973 по 1984 г. полюс сместился на 120 км, с 1984 по 1994 г. – более чем на 150 км. Скорость дрейфа нарастала с 10 км/год в 1970-х годах до 60 км/год в 2004 г. [3]. Если авроральная зона сместится в область повышенной индустриальной активности, то смещение магнитного полюса в сторону Сибири принесет высокий уровень магнитной активности и, соответственно, техногенных последствий в средние широты России.

Причинами перерывов в электроснабжении предприятий могут быть электромагнитные бури, солнечный ветер, солнечные космические лучи, а также изменения геомагнитного поля вследствие влияния космической погоды.

Одной из причин перерывов в работе узлов железнодорожной автоматики предприятий является нарушение электроснабжения. Это может приводить к прямому физическому ущербу для потребителей или повреждению оборудования.

Анализ влияния этих явлений на работу электрических сетей применительно для электроэнергетической системы должен выделять следующие группы статистических данных:

- оперативная информация о нарушениях в работе энергообъектов: аварийные донесения о месте, времени, продолжительности и характере отключений, продолжительность отключения, виды ремонтных работ, величина недоотпущенной электроэнергии;

- сводки погоды по регионам по сообщениям GISMETEO: температура и влажность воздуха, облачность, атмосферное давление, геомагнитные бури (ГМБ);

- магнитограммы – суточные вариации элементов земного магнетизма по данным отдела исследования магнитосферы и межпланетной среды СО ИСЗФ СО РАН:  $K$ -индекс, компоненты  $H$ ,  $D$  и  $Z$  геомагнитного поля, а также  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  – составляющие магнитной индукции поля Земли.

$K$ -индекс представляет собой численную характеристику степени возмущенности геомагнитного поля по 9-балльной шкале, где каждому баллу соответствует амплитуда колебаний магнитных элементов. За амплитуду колебаний элементов принимается максимальная разность между наибольшим и наименьшим отклонениями одного из элементов ( $H$ ,  $D$ ,  $Z$ ) от нормальной кривой их суточного хода. Элементы земного магнетизма представлены на рис. 5.

Начало координат помещено в точку, где происходит наблюдение индукции геомагнитного поля НТ. Проекция этого вектора на ось  $x$  в прямоугольной системе координат носит название северной составляющей, проекция на ось  $y$  – восточной составляющей и проекция на ось  $z$  – вертикальной составляющей, и обозначаются они через  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  соответственно. Проекцию  $H_T$  на горизонтальную плоскость называют горизонтальной составляющей  $H$ . Вертикальная плоскость  $zOB$ , в которой лежит вектор  $H_T$ , называется плоскостью магнитного меридиана, а угол между географическим и магнитным меридианами ( $xOB$ ) – магнитным склонением, которое обозначается через  $D$ . Угол между горизонтальной плоскостью и направлением вектора  $H_T$  носит название магнитного наклона  $J$ . Величина вектора  $H_T$  в соответствии с рис. 1 определяется так:

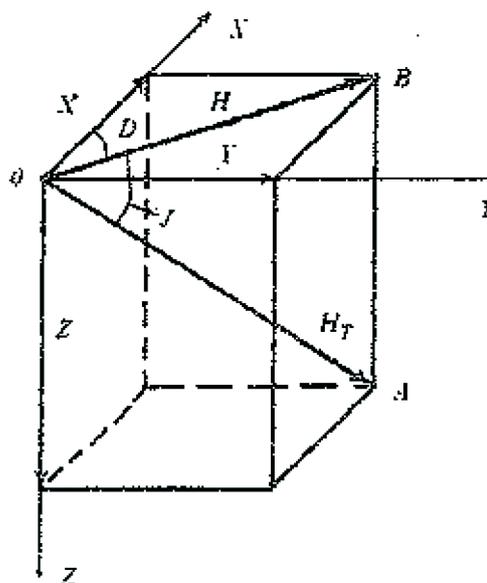


Рисунок 5. Элементы земного магнетизма

$H_T = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$ , а горизонтальная составляющая:  $\sqrt{X^2 + Y^2}$ .

С целью выявления связи вышеуказанных групп данных требуется их статистическая обработка: корреляционный анализ и кластерный анализ.

Корреляционный анализ позволит установить связь между геомагнитными изменениями с перерывами в электроснабжении, которые обусловлены срабатыванием двух типов релейной защиты – дифференциальной защиты или защиты от замыканий на землю.

Проведение анализа физики возбуждения импульсных токов  $I_v$  должен показать связь, индуцированных вблизи поверхности Земли (над и под поверхностью) электрических полей с изменением геомагнитной обстановки, обусловленными временными изменениями векторного магнитного потенциала  $A(t)$  системы авроральных пространственных токов  $I_v$  [5].

$$E_0(t) = -\frac{\partial A}{\partial t}$$

Это позволяет отнести геомагнитные возмущения к индукционному электродинамическому виду источников мощных электромагнитных помех.

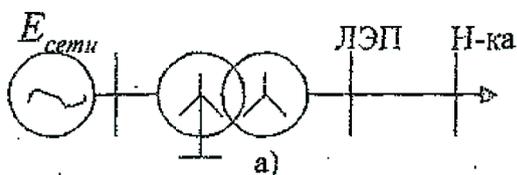
На основании закона об электромагнитной индукции величина индукционного тока в замкнутом проводящем контуре прямо пропорциональна скорости изменения пронизывающего его магнитного (геомагнитного) потока и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению контура  $Z$ .

В свою очередь изменение магнитного (геомагнитного) потока определяется индукцией  $B(t)$  магнитного поля (напряженностью геомагнитного поля  $H_T$ ) и площадью плоской поверхности  $S$ , через которую рассматривается данный поток (площади, ограниченной контуром).

Для определения тангенциального электрического поля на поверхности земли в [5] приведено

$$E(t) = \frac{1}{\sqrt{\pi\sigma_3\mu_0}} \int \frac{1}{\sqrt{t-t'}} \frac{\partial B(t'')}{\partial t} dt'$$

выражение:



где  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $\sigma_3$  – проводимость грунта в См/м;  $B(t')$  – изменение индукции геомагнитного поля  $H_T$  в Тл.

Изменения горизонтальной составляющей вектора НТ представляют наибольший интерес, так как именно эта составляющая пронизывает физические контуры, образованные RLC – элементами электрических сетей электроэнергетических систем и наводит импульсные значения  $I_v$ , которые в общем случае представляют собой высокочастотный спектр индукционных токов. На рис. 6 приведена схема простейшей электропередачи и ее схема замещения, для которой характерны два независимых контура, образованные сопротивлениями обмоток и нейтрали трансформатора, сопротивлениями и емкостными проводимостями линии электропередачи.

В этих контурах могут наводиться импульсные токи  $I_v$ , величина которых зависит от вариаций геомагнитного поля, сопротивления контура на частоте  $\nu$  и площади, ограниченной контуром. Применительно к рис. 2 площадь большего контура определяется длиной линии и высотой подвеса провода. Однако в связи с тем, что вариации геомагнитного поля измеряются в  $nT$ , опасные значения принимают высшие гармонические составляющие токов  $I_v$ , что обусловлено возможным развитием на этих частотах резонансных явлений.

При неучете активных сопротивлений схемы и эквивалентного сопротивления внешней схемы по отношению к рассматриваемому контуру собственное сопротивление этого контура  $Z_v$  на резонансной частоте  $\nu$  стремится к нулю, а ток  $I_v$  – к бесконечности.

Учет действительной частотной характеристики сопротивления всей сети дает отличные от нуля значения резонансного сопротивления рассматриваемого контура, что ограничивает величину тока  $I_v$  при его общем многократном увеличении. Учитывая, что изменения геомагнитного поля являются кратковременными, токи  $I_v$  носят импульсный характер.

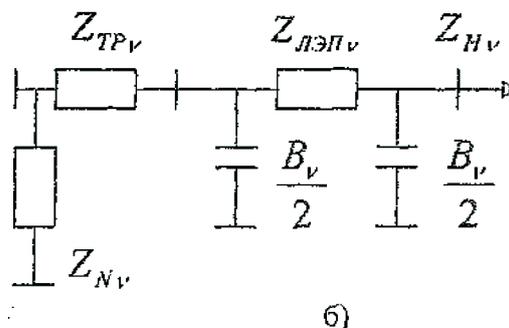


Рисунок 6. Схема электропередачи (а); схема замещения на частоте (б)



Реальные схемы электрических сетей электроэнергетических систем имеют десятки и сотни контуров, и характер и последствия отказов в реальных электрических сетях сложны и многообразны.

Задачи прогнозирования возможного возникновения токов  $I_v$  в сетях, моделирования и расчета токов  $I_v$ , а также построение оптимальных схем с учетом критерия минимизации токов  $I_v$  являются весьма актуальными.

### ИСТОЧНИКИ

1. Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. № 2. С. 110–118.

2. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Наука, 1973.

3. Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А. Влияние солнечной активности на биосферу-ноосферу. М.: МНЭПУ, 2000.

4. Лазутин Л.Л. Мировые и полярные магнитные бури. НИИЯФ МГУ. 2012. ТрВ № 108.

5. Старков Г.В. Планетарная динамика аврорального свечения: Сб. ПГИ «Физика».

6. Lehtinen M., Pirjola R. Currents produced in earthed conductor networks by geomagnetically ~ induced electric fields // *Anales geophysical*. 1985. Vol. 3. No. 4. P. 479–484.

### References

1. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2012. Vol. 82. No. 2. Pp. 110–118.

2. Chizhevsky A.L. Earth echo of solar storms. Moscow: Nauka, 1973.

3. Vladimirsky B.M., Temuryants N.A. Influence of solar activity on the biosphere-noosphere. Moscow: MNEPU, 2000.

4. Lazutin L.L. Global and polar magnetic storms. NIIP MSU. 2012. TrV No. 108.

5. Starkov G.V. Planetary dynamics of auroral glow: Collection of PGI "Physics".

6. Lehtinen M., Pirjola R. Currents produced in earthed conductor networks by geomagnetically ~ induced electric fields // *Anales geophysical*. 1985. Vol. 3.No. 4. P. 479–484.

# Моделирование процесса нарезки блинной ленты гильотиной при помощи программы Scilab

**А.О. Любенкова**

магистр, ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
в г. Смоленске  
e-mail: lubenkovaao@mail.ru

**Е.Л. Царегородцев**

доцент, канд. техн. наук ФГБОУ  
ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске  
e-mail: evgenca@rambler.ru

**Аннотация.** Данная работа посвящена моделированию процесса нарезки блинной ленты с использованием гильотинного механизма. Модель разработана в программной среде Scilab с применением инструментов Xcos для визуализации и анализа. В результате моделирования были получены графики, демонстрирующие траекторию ножа, его скорость и ускорение, а также зависимость длины отрезаемого блина от скорости ленты и частоты движения ножа.

Цель данной статьи – представить моделирование процесса нарезки блинной ленты гильотиной при помощи программы Scilab.

Результаты моделирования могут быть использованы для проектирования и оптимизации автоматизированных систем нарезки в пищевой промышленности.

**Ключевые слова:** гильотина, нарезка, блины, Scilab, Xcos.

**Summary.** This work is devoted to modeling the process of cutting a pancake tape using a guillotine mechanism. The model was developed in the Scilab software environment using Xcos tools for visualization and analysis. As a result of the modeling, graphs were obtained demonstrating the trajectory of the knife, its speed and acceleration, as well as the dependence of the length of the cut pancake on

the speed of the tape and the frequency of the knife movement.

The purpose of this article is to present the modeling of the process of cutting a pancake tape with a guillotine using the Scilab program.

The modeling results can be used to design and optimize automated cutting systems in the food industry.

**Keywords:** guillotine, slicing, pancakes, Scilab, Xcos.

Для моделирования технологического процесса нарезки блинной ленты была использована программа Scilab [1]. В данной программе было построено две модели траектории движения. В качестве первой модели траектории движения выступает траектория движения кривошипно-шатунного механизма (рис. 1) [2].

Анализируя рис. 2, можно сделать вывод, что график отображает полную траекторию движения точки на шатуне в декартовой системе координат (x, y). Вид траектории зависит от соотношения длин кривошипа и шатуна [3]. Этот график наглядно показывает, как точка перемещается в пространстве во времени.

Рисунок 3 показывает горизонтальную координату точки на шатуне. Форма графика отображает

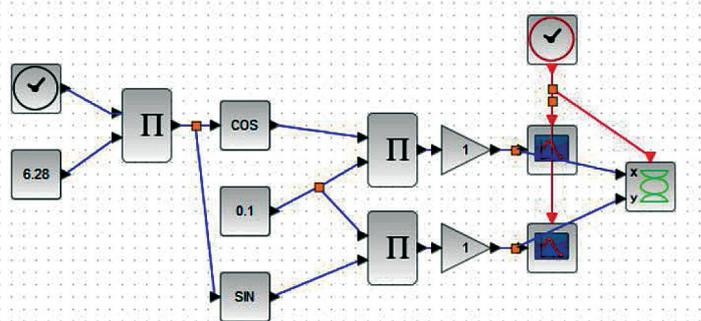


Рисунок 1. Модель траектории движения кривошипно-шатунного механизма

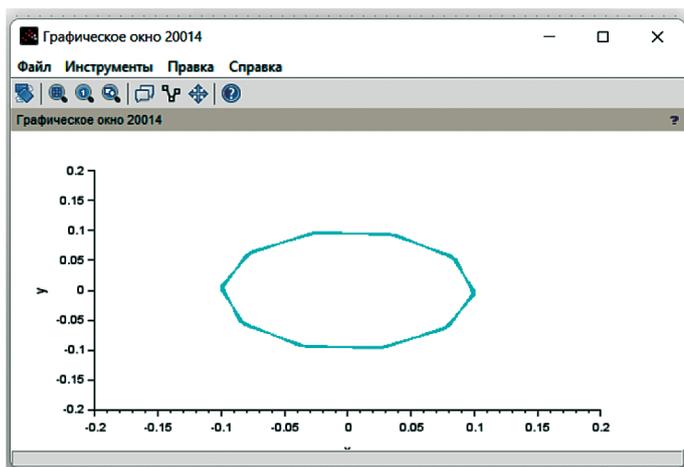


Рисунок 2. Полная траектория движения точки на шатуне в декартовой системе координат (x, y)

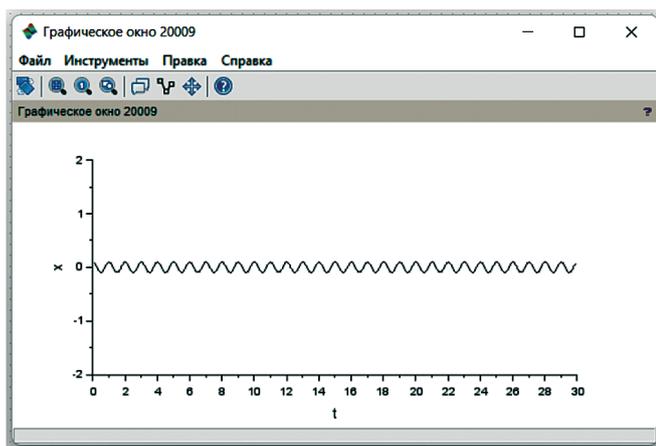


Рисунок 3. Горизонтальная координата точки на шатуне

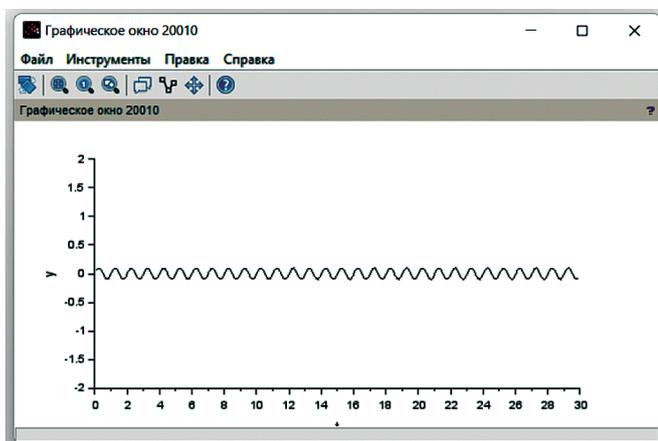


Рисунок 4. Вертикальная координата точки на шатуне

движение точки по горизонтали в зависимости от времени. Если кривошип вращается с постоянной угловой скоростью, то график  $x(t)$  будет периодической функцией, имеющей форму, зависящую от длины кривошипа и шатуна. В простейшем случае график представляет собой косинусоидальную волну, амплитуда которой равна длине кривошипа.

Рисунок 4 показывает вертикальную координату точки на шатуне. Форма графика отображает движение точки по вертикали в зависимости от времени. В простейшем случае (без учета длины шатуна, который просто скользит в горизонтальной оси) график является синусоидальной волной с амплитудой, равной длине кривошипа. Амплитуда графика  $y(t)$  зависит от длины кривошипа и угла поворота.

В качестве второй модели траектории движения выступает траектория движения ножа гильотины (рис. 5).

Рисунок 6 показывает траекторию движения в декартовой системе координат (x, y). Так как гори-

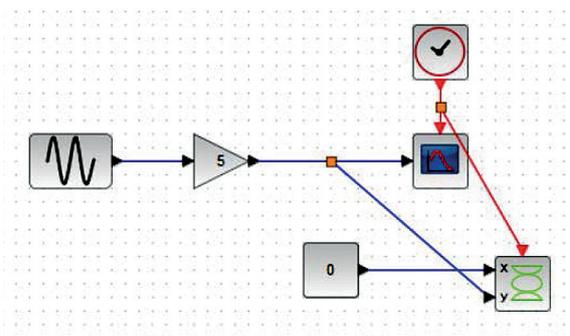


Рисунок 5. Модель траектории движения ножа гильотины

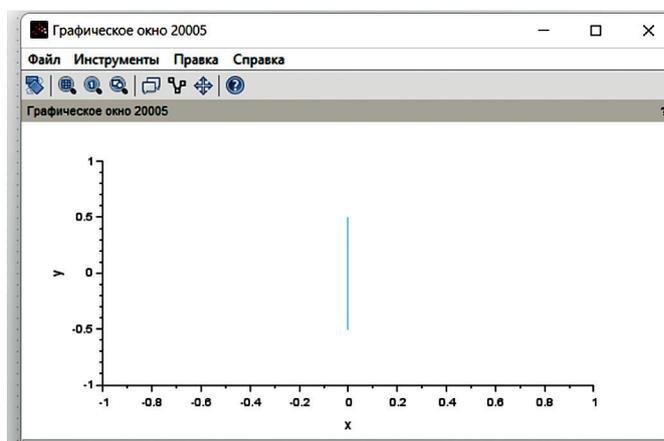


Рисунок 6. Траектория движения ножа гильотины

горизонтальная координата ( $x$ ) является постоянной, то график представляет собой вертикальную линию. Он показывает не движение во времени, а зависимость  $y$  от  $x$ , которая в данном случае константа.

Рисунок 7 показывает, как изменяется вертикальная координата ( $y$ ) от времени. Это основной

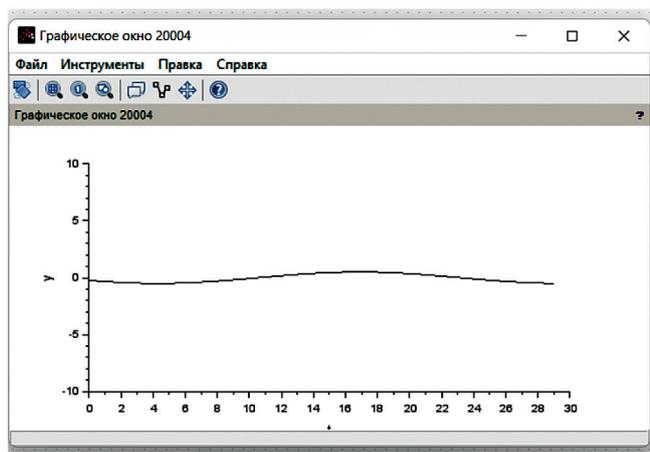


Рисунок 7. Зависимость вертикальной координаты ( $y$ ) во времени

график демонстрирующий движение ножа гильотины вверх-вниз [4]. Горизонтальная ось представляет время, а вертикальная ось – положение по вертикали.

Моделирование представленных траекторий движения широко используется в различных отраслях. Одной из таких отраслей является машиностроение. Моделирование в машиностроении позволяет выявить потенциальные проблемы и оптимизировать конструкцию на ранних этапах производства, например расчет траекторий движения поршней в двигателях внутреннего сгорания, манипулирования промышленных роботов, кулачковых механизмов. Также моделирование может применяться в пищевой промышленности для оптимизации работы оборудования для нарезки, упаковки, транспортировки пищевых продуктов.

Моделирование траекторий движения кривошипно-шатунного механизма и гильотинного ножа в процессе нарезки блинной ленты позволяет определить оптимальные параметры движения ножа (скорость, амплитуду, траекторию) для обеспечения качественной и эффективной нарезки. Также

на основе результатов моделирования можно разработать оборудование с улучшенными характеристиками, повышающими производительность и снижающими износ. Моделирование позволяет изучить влияние различных факторов (таких как свойства блинной ленты, острота ножа, скорость подачи) на процесс нарезки и выбрать оптимальные параметры для каждого случая.

Таким образом, были построены модели траекторий движения кривошипно-шатунного механизма и ножа гильотины в программе Scilab.

### Источники

1. Любенкова А.О., Короткова Г.В. Приоритетные направления модернизации оборудования для производства блинов: Актуальные проблемы формирования здорового образа жизни студенческой молодежи: XIV Международная межвузовская научно-практическая конференция студентов. Смоленск, 2023. Смоленск: Универсум, 2023. С. 263–265.
2. Белоусов А.П., Малышев В.А. Теория механизмов и машин. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 314 с.
3. Корнюшко Л.М. Механическое оборудование предприятий общественного питания. М.: Гиорд, 2016. 288 с.
4. Нечаев А.П., Шуб И.С., Аношина О.М. Технологии пищевых производств / Под общ. ред. А.П. Нечаева. М.: КолосС, 2005. 768 с.

### References

1. Lyubenkova A.O. Priority areas for modernization of equipment for pancake production / A.O. Lyubenkova, G.V. Korotkova. – Actual problems of formation of healthy lifestyle of student youth XIV international interuniversity scientific and practical conference of students, Smolensk: «Universum», 2023. P. 263–265.
2. Belousov, A.P., Malyshev, V.A. Theory of mechanisms and machines. / A.P. Belousov. M.: MSTU im. N.E. Bauman, 2018. – 314 p.
3. Korniyushko, L. M. Mechanical equipment of public catering establishments / L. M. Korniyushko. M.: Giord, 2016. – 288 p.
4. Nechaev A.P., et al. Food production technologies / Edited by A.P. Nechaev. M.: KolosS, 2005. – 768 p.



УДК:664.665  
Шифр: 05.02.11

# Метод моделирования температурного контроля с применением инфракрасных ламп на основе объектно-визуального подхода

## Е.Л. Царегородцев

канд. техн. наук, доцент, филиал ФГБОУ  
ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске  
e-mail: evgencar@rambler.ru

## А.А. Нагапетян

магистр, филиал ФГБОУ ВО «НИУ  
«МЭИУ» в г. Смоленске  
e-mail: nagapetyanadelina@yandex.ru

**Аннотация.** В хлебопекарной промышленности важным фактором изготовления продукции является температура, от которой зависит будущее состояние изделия.

В данной статье рассматривается модель поддержания температуры в форкамере со встроенными ИК-лампами перед процессом выпечки.

**Ключевые слова:** инфракрасные лампы, хлебопекарная промышленность, Scilab, моделирование.

**Summary.** In the bakery industry, an important factor in the production of products is temperature, which determines the future state of the product.

This article examines a model for maintaining temperature in a pre-chamber with built-in IR lamps before the baking process.

**Keywords:** infrared lamps, bakery industry, Scilab, modeling.

Выбор основного оборудования для промышленного предприятия является важной задачей при проектировании машинно-аппаратурной линии. От характеристик оборудования, таких как производительность и эффективность, зависят качество выпускаемой продукции и стабильность работы предприятия.

Поддержание оптимальной температуры в хлебопекарной отрасли – это один из самых важных

факторов, от которого зависит качество готовой продукции. Температура влияет на весь процесс: от момента, когда тесто попадает в печь, до этапа хранения уже готовых изделий. Если температура в печи не соответствует норме, это сразу отражается на конечном результате.

Правильный температурный режим во время выпечки обеспечивает образование красивой и вкусной корки. Она делает изделие аппетитным на вид, улучшает его вкусовые качества и помогает сохранить внутреннюю мягкость. Если температура слишком низкая, корка будет бледной и непропеченной. А при слишком высоких значениях поверхность изделия может подгореть, структура испортится – и продукт потеряет свою привлекательность.

Контроль температуры важен не только в печи, но и после выпечки, когда хлебобулочные изделия хранятся. От этого зависит их свежесть, мягкость и срок годности. Например, если хранить изделия при слишком высокой температуре, они начнут быстро черстветь, так как влага испаряется. Если температура, наоборот, слишком низкая, изделия могут стать сухими и менее вкусными.

Все это делает температурный контроль ключевым моментом в производственном процессе. Современные технологии помогают производителям минимизировать ошибки – используются терморегуляторы, датчики и системы автоматического контроля, которые поддерживают стабильный режим. Это позволяет не только улучшить качество продукции, но и продлить ее срок хранения, что особенно важно для крупных хлебопекарен, где изделия отправляются в магазины и на полки супермаркетов. Благодаря таким мерам производители могут быть уверены, что их продукция будет вкусной, свежей и качественной [1].

В настоящее время распространяется использование инфракрасных ламп (ИК-ламп) в пищевой промышленности. Инфракрасное излучение используют для ускорения процессов выпечки, суш-

ки, жарки и копчения, а также для стимулирования биохимических реакций [2, 3].

Инфракрасное излучение широко применяется в промышленных процессах, особенно для нагрева продуктов. В отличие от традиционных методов нагрева оно обладает рядом уникальных особенностей. Подобно кондуктивному нагреву, инфракрасное излучение обеспечивает передачу значительного количества тепла продукту. Однако его ключевым преимуществом является способность проникать вглубь материала, достигая при использовании коротковолнового излучения глубины в несколько миллиметров. Это позволяет увеличить мощность теплового воздействия, не вызывая перегрева поверхности и обеспечивая равномерное распределение тепла внутри продукта.

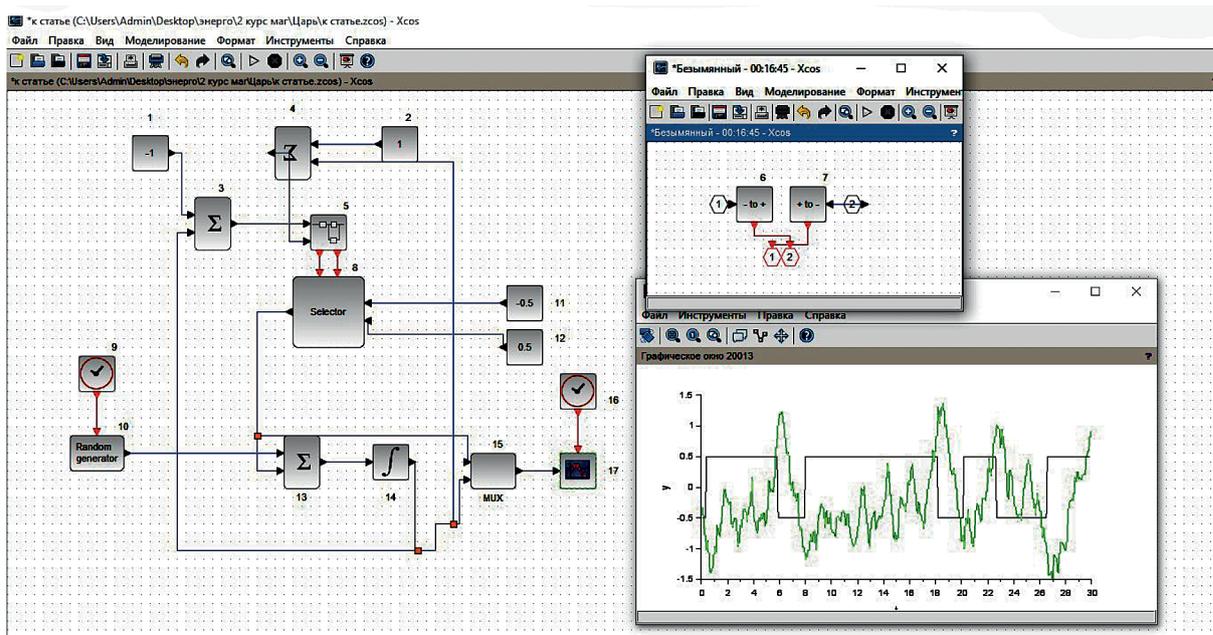
Инфракрасное излучение особенно эффективно в хлебопекарной промышленности, где важна точная терморегуляция. Оптимальная температура форкамеры с интегрированными ИК-лампами перед началом выпечки составляет 180°C. Для поддержания стабильной температуры в печи используются терморегуляторы с температурными датчиками. Пример такого датчика можно смоделировать в программной среде Xcos, которая входит в состав пакета Scilab.

Scilab/Xcos – это мощный инструмент для инженерных и научных вычислений. Он предлагает обширный набор математических функций и поддержку расширения функциональности за счет интеграции модулей, написанных на языках программирования, таких как C, C++ и Fortran. Кроме того, Scilab поддерживает различные типы дан-

ных, включая списки, полиномы, рациональные функции и линейные системы. Его удобный язык высокого уровня и гибкий интерпретатор делают среду универсальной для моделирования и анализа сложных инженерных систем.

С помощью Xcos можно не только моделировать терморегуляторы, но и оптимизировать параметры их работы, что особенно важно для процессов, где температурная стабильность влияет на качество конечного продукта. Такое сочетание инфракрасных технологий и инструментов моделирования способствует повышению производительности, снижению энергозатрат и улучшению характеристик готовой продукции. Scilab разработан как открытая система, и пользователи могут добавлять свои собственные типы данных и операции с помощью механизма перегрузки [4].

Модель поддержания температуры в форкамере представлена на рисунке. Блок Random generator (10) в соответствии со случайным законом распределения, генерирует число. Полученное число идет на блок сумматора (13), после чего сумма значений поступает на блок интегрирования (14). Далее сигнал идет на два блока суммирования с постоянными значениями 1 и -1 (1), (2) соответственно. Сумма с постоянной 1 (3) поступает на блок условия (6), который генерирует значение, когда полученные значения представляют собой убывающий сигнал, пересекающий заданный ноль. Сумма с постоянной -1, напротив, поступает на блок условия (7), с генерацией значения при возрастающем сигнале, пересекающем заданный ноль. Оба блока усиления объединены в суперблок (5). Полученные результа-



Модель поддержания температуры в форкамере



ты с суперблока управляют блоком Selector (8), который избирает один из сигналов, идущих к нему из блоков постоянных  $-0,5$  и  $0,5$  (11), (12). В зависимости от сигналов, принятых с блоков условий, выполняется регулирование системы на заданные значения посредством их поступления на начальный блок суммирования (13). В конечном итоге значения с блока Selector, а также с блока интегрирования поступают на блок мультиплексора (15). Данный блок объединяет входные данные и преобразует их в единый выходной вектор для графического вывода через блок Display (17).

Таким образом по графику можно заметить, что температура форкамеры колеблется в допустимых пределах [4].

## Источники

1. Чельдиева Л.Ш., Гасиева В.А. Исследование и разработка методологии и алгоритмов автоматизированного управления процессом приготовления диетического хлеба: Монография. Владикавказ: Горский ГАУ, 2020. 160 с.

2. Автоматизация производства: Учеб. для СПО / Под общ. ред. О.С. Колосова. М.: Юрайт, 2018. 291 с.

3. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учеб. / Под ред. Е.Б. Карпина. М.: Агропромиздат, 1985. 534 с.

4. Scilab [Электронный ресурс]. Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Scilab>

## References

1. Cheldieva, L. Sh. Research and development of methodology and algorithms for automated control of the process of preparing dietary bread: monograph / L. Sh. Vladikavkaz: Gorsky SAU, 2020. 160 p.

2. Automation of production: a textbook for secondary vocational education / edited by O. S. Kolosov. – M.: Yurait Publishing House, 2018. 291 p.

3. Automation of technological processes of food production: a textbook / edited by E. B. Karpin. M.: Agropromizdat, 1985. 534 p.

4. Scilab-Wikipedia: Wikimedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Scilab> (date of access 15.12.2024)



05.02.22

УДК 664.61(043.3)

# Использование инфракрасного излучения для оптимизации процесса выпечки бараночных изделий

**А.А. Нагапетян**

филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИУ»  
в г. Смоленске  
e-mail: nagapetyanadelina@yandex.ru

**Г.В. Короткова**

филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИУ»  
в г. Смоленске  
e-mail: KgV49@rambler.ru

**Аннотация.** В статье представлен способ выпечки бараночных изделий с использованием инфракрасной обработки тестовых заготовок. На основании характеристик инфракрасного излучения обосновано его применение в изготовлении бараночных изделий. Подобрано необходимое время выпечки, при котором достигаются наилучшие физико-химические показатели продукта. Проведена дегустационная оценка разработанных хлебопекарных изделий, полученных при различном времени выпечки.

Для более точных результатов изготавливались бараночные изделия по стандартной технологической схеме. По полученным результатам эксперимента в дальнейшем проводили сравнительный анализ с такими необходимыми показателями, как влажность, коэффициент набухаемости, усушка и упек.

Наивысшую оценку получила партия бараночных изделий, которая выпекалась в печи в течение 6 мин. Партия, которая выпекалась 8 мин. приобрела более темный окрас, и ее влажность не совпадала с необходимой. Партия, время выпекания которой заняло 10 мин., имела подгоревший вид и была сильно пересушенной. В связи с этим целесообразно использование ИК-излучения для уменьшения времени выпечки.

Предложена принципиальная технологическая схема получения бараночных изделий с добавлением ИК-излучения. Инфракрасное излучение пред-

лагается использовать после этапа ошпаривания и перед этапом выпечки.

**Ключевые слова:** бараночные изделия, инфракрасное излучение, технологическая схема, показатели качества.

**Summary.** The article provides a method for baking lamb products using infrared processing of dough pieces. Based on the characteristics of infrared radiation, its use in the manufacture of bagel products is justified. The required baking time has been selected, at which the best physical and chemical properties of the product are achieved. A tasting assessment of the developed bakery products obtained with different baking times was carried out.

For more accurate results, bagel products were manufactured according to a standard technological scheme. Based on the results of the experiment, a comparative analysis was subsequently carried out with the necessary indicators, such as: humidity, swelling coefficient, shrinkage and packing.

The batch of lamb products that was baked in the oven for 6 minutes received the highest rating. The batch that baked for 8 minutes turned darker in color and was not at the correct moisture level. The batch that took 10 minutes to bake had a burnt appearance and was very dry. In this regard, it is advisable to use IR radiation to reduce baking time.

A basic technological scheme for producing bagel products with the addition of IR radiation has been proposed. Infrared radiation is proposed to be used after the scalding stage and before the baking stage.

**Keywords:** bagel products, infrared radiation, process flow chart, quality indicators.

## Введение

Сушки относятся к бараночным хлебобулочным изделиям, форма которых имеет вид кольца. Ассортимент продукта достаточно широк. На прилавках магазинов можно встретить сушки сладкие, с маком, тмином, кунжутом, ванильные, с глазурью, соленые, сушки-челночок.



Так как данный продукт имеет разнообразные вкусы, потребитель может найти сушки на свое усмотрение. С каждым годом отмечается рост продаж данного продукта. Так, в 2022 г. объемы выпуска бараночных изделий составили 11,3 млн т. В денежном выражении рынок хлебопекарных продуктов вырос на 15,5% [1].

Высокое потребление бараночных изделий доказывает актуальность исследования для повышения эффективности производительности предприятия.

Потенциально повысить производительность всего технологического процесса изготовления продукта возможно, интенсифицируя отдельно все стадии производства, совершенствуя и модифицируя оборудование, обновляя рецептуру.

Ряд авторов рассматривают возможность изменения ингредиентов в рецептуре для замеса теста. Во многих статьях предлагается добавление дополнительных ингредиентов, например порошков моркови и свеклы [2]. Внесение в тесто морковного пюре увеличивает кислотность и сокращает процесс производства теста примерно на 20% [3]. Также рассматривают добавление гречневой муки при замесе в молочнокислой закваске [4]. Рассматривается также ускоренный способ приготовления теста с помощью ацидофильной закваски [5]. Данные исследования позволяют не только сократить время замеса теста, но также сделать продукт более полезным.

Традиционно процесс изготовления сушек состоит из ряда технологических операций, среди которых приготовление теста, формовка, расстойка, ошпарка и выпечка.

Оптимизацию процесса формования можно выполнить с помощью модернизации цилиндрических ножей в делительно-закаточной машине [6]. Рассматривается вариант изменения формующей головки в делительно-закаточной машине [7]. Предложенные изменения помогут повысить скорость формования тестовых заготовок.

Проводя патентный поиск можно найти вариант модернизации процесса расстойки с использованием СВЧ-энергии. Данный способ помогает ускорить время нахождения тестовых заготовок в расстоечном шкафу [8].

Ряд авторов предлагают использование ИК-излучения для интенсификации процесса выпечки бараночных изделий. Для этого проводят предварительный нагрев в форкамере.

Таким образом, для повышения производительности можно совершенствовать любую технологическую стадию в традиционной технологической схеме.

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния предварительного ИК-нагрева те-

стовых заготовок на длительность выпечки бараночных изделий с последующей оценкой качества готового продукта.

## Методы

Разработке проекта предшествовал анализ существующих рецептур сушек, который позволил выявить определяющие компоненты рецептуры, то есть основное сырье, характерное для рецептур сушек, и вспомогательное [9].

Для выбора оптимальных условий выпечки тестовые заготовки одинаковой массы и толщины выпекались по традиционной технологии и с использованием инфракрасного излучения. Длительность предварительного нагрева в форкамере составило 30 сек. В качестве форкамеры использовали мини-печь Moulinex АНЕ1. Время выпечки при этом сокращали от 12 мин. по традиционной схеме до 10–8–6 мин. в анализируемых партиях. Выпечку проводили в комплекте хлебопекарного оборудования КО.

Для оценки качества готовых изделий определяли физико-химические показатели (влажность, коэффициент набухаемости, усушка и упек) в соответствии с ГОСТ 32124-2013.

Влажность и коэффициент набухаемости определялись по методикам, описанным в стандарте [10].

Усушка определялась как разность масс горячего продукта и остывшего; упек – как разность массы тестовой заготовки и вышедшего горячего продукта.

## Результаты и их обсуждение

При проведении эксперимента было выпечено 4 партии, в каждой по 10 образцов. Партии отличались временем выдержки в печи. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Контрольные образцы, выпеченные по традиционной технологии, по влажности, коэффициенту набухаемости, усушке и упеку максимально соответствовали ГОСТ 32124-2013. Партия сушек 1, выпекавшаяся 10 мин. в печи, с предварительным ИК-нагревом в форкамере в течение 30 сек., отличалась низкой влажностью в сравнении с контрольным образцом (в среднем на 8,5%). Сушки партий 2 и 3 имели меньшую в сравнении с контрольным образцом влажность (на 2,3 и 1,5% соответственно). Коэффициент набухаемости экспериментальных изделий оказался выше, чем в контрольном образце (на 50% – 6,6% – 20% соответственно).

Усушка изделий, определяющая выход готового продукта, оказалась одинаковой для контрольного образца и партии 2; партия 1 и 3 отличались большей усушкой в сравнении с контрольным образ-

цом в среднем на 11,79. Упек контрольного образца отличался минимальным значением упека среди сравниваемых партий. Со снижением длительности выпечки от партии 1 к партии 3 возрастает.

привкусов не было. Недостатком данной партии можно считать отсутствие глянца.

Партия 3 отличалась светло-желтым оттенком и глянцевой поверхностью. Изделия были

Показатели качества продукции производства при использовании ИК

Характеристика	Требования ГОСТ 32124-2013	Контрольный образец	Партия 1	Партия 2	Партия 3
Влажность, %	Не более 13	13,0 ± 0,02	11,9 ± 0,01	12,7 ± 0,05	12,8 ± 0,01
Коэффициент набухаемости	Не менее 3	3,0 ± 0,01	4,5 ± 0,05	3,2 ± 0,04	3,6 ± 0,02
Усушка, %	3–4	3,5 ± 0,08	3,9 ± 0,02	3,5 ± 0,06	3,8 ± 0,05
Упек, %	16–22	17,0 ± 0,1	18,0 ± 0,12	19,0 ± 0,13	21 ± 0,16

С помощью фокусной группы, в которую вошли люди, часто употребляющие сушки, и те, кто не является поклонником этого продукта, оценивали органолептические свойства разных партий. Рассматривались следующие характеристики в соответствии с ГОСТ 32124-2013: цвет, вкус, поверхность, хрупкость и внутреннее состояние. Результаты представлены на рис. 1.

Из профилограммы видно, что наилучшими характеристиками обладал контрольный образец. Сушки получились глянцевые, светло-желтого цвета. В образце не наблюдалось вздутий. По вкусу изделия были достаточно пропеченные, без посторонних привкусов. Сушки получились ломкими.

Партия 1 отличалась самыми низкими показателями качества. Сушки темно-коричневого цвета, с присутствием подгоревшего привкуса. Глянцевой корочки не наблюдалось. Были замечены трещины в текстуре изделий. Данная партия хорошо проявила себя в хрупкости.

Партия 2 получила средние оценки. Сушки были желто-коричневого цвета, наблюдалась также хорошая хрупкость, дополнительных

хорошо пропечены, без наличия каких-либо привкусов.

Из сравнения органолептических показателей следует, что наихудшей стала партия 1, которая выпекалась 10 мин.

Контрольный образец, который выпекался по традиционной схеме, получился лучше всех остальных. Если рассматривать партии при использовании форкамеры, то наилучшей получилась партия 3. Длительное время выпечки после предварительной обработки ИК-нагревом негативно сказывается на качестве готового изделия. Наиболее удачным в этом отношении можно считать сушки, выпекавшиеся 6 мин. в печи с пребыванием в форкамере 30 сек.

Проведенные эксперименты позволили предложить обоснованный способ совершенствования традиционной технологической схемы выпечки бараночных изделий (рис. 2).

На основании проведенных исследований предложено традиционную схему дополнить стадией предварительного ИК-нагрева в течение 30 сек. с последующим сокращением времени выпечки с 12 до 6 мин.

Выводы

Результаты эксперимента показали, что применение инфракрасного излучения значительно повышает производительность печи. Улучшение теплопередачи в процессе выпечки способствует более эффективному прогреву теста, что в конечном итоге сокращает время приготовления продукта.

Подобрано оптимальное время выпечки бараночных изделий.

Предложено совершенствование технологической схемы производства бараночных изделий с добавлением операции в форкамере перед стадией выпечки.

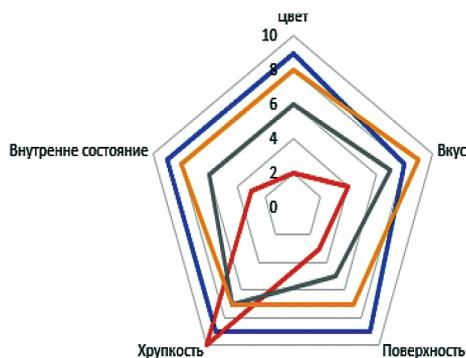


Рисунок 1. Профилограмма органолептической оценки

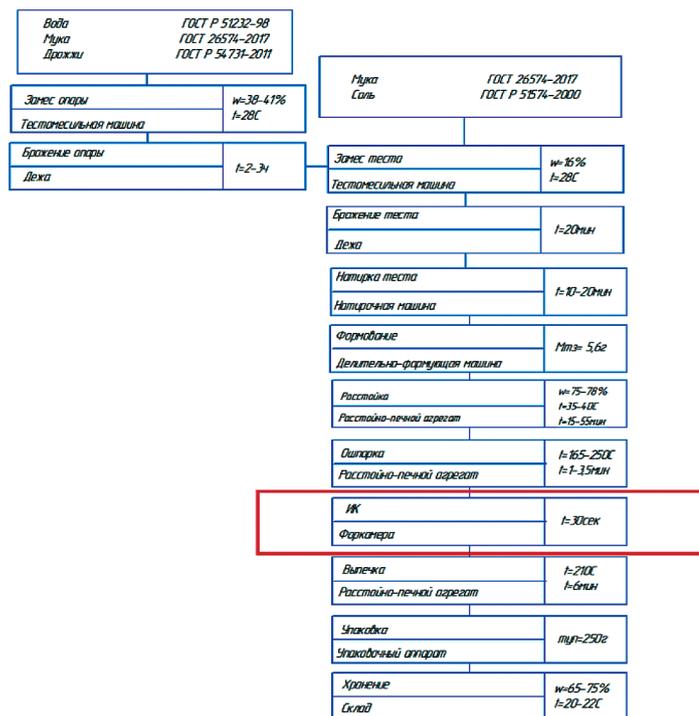


Рисунок 2. Способ приготовления бараночных изделий с использованием форкамеры  
Источник: [8]

### Источники

1. Новый проспект [Сайт]. СПб. URL: <https://newprospect.ru/news/aktualno-segodnya/rynok-khlebobulochnoy-produktsii-v-rossii-po-itogam-2022-goda-vyros-na-15-5-do-990-mlrd-rublej-/>
2. Тихий А.В., Баракова Н.В., Самоделкин Е.А. Обоснование эффективности применения гидратированных порошков моркови и свеклы в технологии опары для бараночных изделий // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2022. № 1(91). С. 125–130.
3. Присухина Н.В., Бабаева К.А., Черепанов Ю.С., Дидур М.А. Разработка хлебобулочных изделий с пюре моркови // Вестник КРАСГАУ. 2017. № 10(133). С. 67–73.
4. Семенкина Н.Г., Тюрина О.Е., Никитин И.А. Разработка технологии бараночных изделий с добавлением гречневой и ячменной муки с повышенной пищевой ценностью // Хлебопродукты. 2017. № 7. С. 40–42.
5. Широкова Л.О., Широкова А.В. Влияние ацидофильной закваски на показатели качества бараночных изделий при ускоренной технологии производства // Хлебопродукты. 2016. № 10. С. 56–58.
6. Делительно-закаточная машина для изготовления бараночных изделий: пат. 2433592 Рос. Федерация № 2010136218/12: заявл. 27.08.2010; опубл. 20.11.2011. Бюл. № 32. 12 с.

7. Формующая головка делительно-закаточной машины: пат. 2282359 Рос. Федерация № 2005107943/13; заявл. 21.03.2005; опубл. 27.08.2006. Бюл. № 24. 5 с.

8. Куликова М.Г. Совершенствование процесса выпечки сахарного печенья с предварительной инфракрасной обработкой тестовых заготовок: Автореф. Московский государственный университет технологий и управления. М., 2008. С. 12–18.

9. Сборник рецептов на хлебобулочные изделия / М-во пищевой пром-ти СССР. Глав. Упр. Хлебопекар. Пром-ти. М.: Пищепромиздат, 1947. 84 с.

10. ГОСТ 32124-2013. Изделия хлебобулочные бараночные. Общие технические условия (введ. 01.07.2014) [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103321>

11. Способ производства бараночных изделий с использованием СВЧ-энергии: пат. 2422018 Рос. Федерация № 2010110960/13: заявл. 22.03.2010; опубл. 27.06.2011. Бюл. № 18. 9 с.

### References

1. Sait the company “New Avenue”. Retrieved from <http://newprospect.ru/news/aktualno-segodnya/rynok-khlebobulochnoy-produktsii-v-rossii-po-itogam-2022-goda-vyros-na-15-5-do-990-mlrd-rublej-/>. (In Russ.).
2. Tihiy, A.V., Barakova, N.V., Samodelkin, E.A. (2022). Justification of the effectiveness of using hydrated carrot and beet powders in the technology of dough for lamb products. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. (1(91)). 125-130. (In Russ.).
3. Prisuhina, N.V., Babaeva, K.A., Cherepanov, Yu.S. (2017). Development of bakery products with carrot puree. Bulletin of KRASGAU. (10 (13)). 67-73. (In Russ.).
4. Semenkina, N.G., Tyurina, O.E., Nikitin, I.A. (2017). Development of technology for lamb products with the addition of buckwheat and barley flour with increased nutritional value. Bakery products. (7). 40-47. (In Russ.).
5. Shirokova, L.O., Shirokova, A.V. (2016). The influence of acidophilus starter on the quality indicators of lamb products with accelerated production technology. Bakery products. (10). 56-58. (In Russ.).
6. Gurevich, L.I., Gunchenko, L.I. (2010). Dividing and seaming machine for making lamb products. Pat. 2433592. Russian Federation, published on 20.11.2011. Bull. No. 32. (In Russ.).
7. Koryachin, V.P., Markushev, S.I. (2006). Forming head of dividing and seaming machine. Pat. 2282359. Russian Federation, published on 27.08.2006. Bull. No. 32. (In Russ.).
8. Kulikova, M.G. (2008). Improving the process of baking sugar cookies with preliminary infrared treatment of dough pieces. Moscow State University of Technology and Management. (In Russ.).
9. Luinskaya A. Collection of recipes for baked goods. Moscow: Foodpromizdat. (In Russ.).
10. Ring-shaped rolls. General specifications (2014). HOST R 32124-2014 from 1July 2014. Moscow: Standards Publishing House. (In Russ.).
11. Lazarev, R.V., Kretov I.T., Shahov, S.V. (2013). Method for producing bagel products using microwave energy. Pat. 2422018. Russian Federation, published on 27.06.2011. Bull. No. 18. (In Russ.).

# Системный и процессный подходы к планированию и обеспечению требуемого уровня потребительского качества продукции машиностроения

**В.Н. Протасов**

*д-р техн. наук, профессор, научный руководитель ООО «НТЦ «Качество-Покрытие-Нефтегаз»; Москва*

**И.О. Романов**

*канд. техн. наук, доцент, Дальневосточный государственный университет путей сообщения; г. Хабаровск*

**Аннотация.** Рассмотрены сущности системного и процессного подходов обеспечения качества продукции машиностроения. Обосновано, что при системном подходе каждый процесс рассматривается как система, являющаяся структурным элементом общей системы. При этом каждый процесс имеет блочно-иерархическую структуру, определяющую внутренние связи системы с ее элементами и элементов между собой. При этом общая структура системы взаимосвязанных процессов представляет совокупность внешних связей между отдельными системами. Указанная структура внешних и внутренних связей позволит разработать математическую модель, обеспечивающую автоматизированное управление этими процессами, то есть их необходимую автоматизированную корректировку при отклонении значений выходных параметров процесса от нормированных значений.

**Ключевые слова:** системный подход, процессный подход, обеспечение качества, блочно-иерархическая взаимосвязь.

**Summary.** The article considers the essence of the system and process approaches to quality assurance

of engineering products. It is substantiated that with the system approach, each process is considered as a system that is a structural element of the overall system. In this case, each process has a block-hierarchical structure that determines the internal connections of the system with its elements and the elements among themselves. In this case, the general structure of the system of interconnected processes is a set of external connections between individual systems. The specified structure of external and internal connections will allow developing a mathematical model that provides automated control of these processes, that is, their necessary automated adjustment when the values of the output parameters of the process deviate from the normalized values.

**Keywords:** system approach, process approach, quality assurance, block-hierarchical relationship.

Во многих публикациях говорится об актуальности системного подхода к решению различных технических задач, в том числе в области планирования и обеспечения потребительского качества различной продукции, в том числе машиностроительной. Но не все четко понимают сущность системного подхода.

Системный подход – это подход, при котором любая система (объект) рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов (компонентов), имеющая выход (цель) и вход (ресурсы).

Системный подход представляет собой форму приложения теории познания и диалектики к исследованию процессов, происходящих в природе, обществе, мышлении.

Его сущность состоит в реализации требований общей теории систем, согласно которой каждый объект в процессе его исследования должен рассматриваться как большая и сложная система и одновременно как элемент более общей системы.



Системный подход включает обязательность изучения и практического использования следующих восьми его аспектов:

- системно-элементного или системно-комплексного, состоящего в выявлении элементов, составляющих данную систему.

- системно-структурного, заключающегося в выяснении внутренних связей и зависимостей между элементами данной системы и позволяющего получить представление о внутренней организации (строении) исследуемой системы;

- системно-функционального, предполагающего выявление функций, для выполнения которых созданы и существуют соответствующие системы;

- системно-целевого, означающего необходимость научного определения целей и подцелей системы, их взаимной увязки между собой;

- системно-ресурсного, заключающегося в тщательном выявлении ресурсов, требующихся для функционирования системы, для решения системой той или иной проблемы;

- системно-интеграционного, состоящего в определении совокупности качественных свойств системы, обеспечивающих ее целостность и особенность;

- системно-коммуникационного, означающего необходимость выявления внешних связей данной системы с другими, то есть ее связей с окружающей средой;

- системно-исторического, позволяющего выяснить условия во времени возникновения исследуемой системы, пройденные ею этапы, современное состояние, а также возможные перспективы развития [1–4].

Практически все современные науки построены по системному принципу. Важным аспектом системного подхода является выработка нового принципа его использования – создание нового, единого и более эффективного подхода (общей методологии) к познанию, для применения его к любому познаваемому материалу, с гарантированной целью получить наиболее полное и целостное представление об этом материале.

*Системный подход* – направление методологии научного познания, в основе которого лежит рассмотрение объекта как системы: целостного комплекса взаимосвязанных элементов, совокупности взаимодействующих объектов, совокупности сущностей и отношений [2].

Основные принципы системного подхода:

- *целостность*, позволяющая рассматривать одновременно систему как единое целое и в то же время как подсистему для вышестоящих уровней;

- *иерархичность* строения, то есть наличие множества (по крайней мере двух) элементов, расположенных на основе подчинения элементов низшего уровня элементам высшего уровня. Реализация этого принципа хорошо видна на примере любой конкретной организации. Как известно, любая организация представляет собой взаимодействие двух подсистем: управляющей и управляемой – одна подчиняется другой;

- *структуризация*, позволяющая анализировать элементы системы и их взаимосвязи в рамках конкретной организационной структуры. Как правило, процесс функционирования системы обусловлен не столько свойствами ее отдельных элементов, сколько свойствами самой структуры;

- *множественность*, позволяющая использовать множество кибернетических, экономических и математических моделей для описания отдельных элементов и системы в целом;

- *эмерджентность*, свойство объекта обладать признаками, отличными от признаков элементов его составляющих.

Основные определения системного подхода:

- *система* – совокупность элементов, действующих вместе как целое и выполняющих этим определенную функцию;

- *структура* – способ взаимодействия элементов системы посредством определенных связей (картина связей и их стабильностей);

- *процесс* – динамическое изменение системы во времени;

- *функция* – работа элемента в системе;

- *состояние* – положение системы относительно других ее положений;

- *системный эффект* – такой результат специальной реорганизации элементов системы, когда целое становится больше простой суммы частей.

*Структурная оптимизация* – целенаправленный итерационный процесс (пошаговое постепенное улучшение чего-либо) с целью оптимизации прикладной цели в рамках заданных ограничений. Структурная оптимизация практически достигается с помощью специального алгоритма структурной реорганизации элементов системы.

*Базовая аксиоматика.*

1. Системы существуют.
2. Системное представление истинно.
3. Системы взаимодействуют друг с другом и, следовательно, могут быть взаимосвязаны.
4. Системы состоят из элементов, действующих вместе как целое и являющих этим сущность систем.

5. Любой элемент системы можно представить как отдельную систему. Любую систему можно представить как отдельный элемент вышестоящей системы.

Производители разнообразной продукции, в том числе машиностроительной, в соответствии с ГОСТ Р ИСО 10002-2020 «Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Руководящие указания по управлению претензиями в организациях» разработали систему менеджмента качества, базирующуюся не на системном философском подходе к познанию иерархии взаимосвязей процессов и предметов в реальном мире, управлению ими на этой основе, а на рыночно-экономическом процессном подходе, пытаясь доказывать преимущества этого подхода перед системным философским подходом.

В нормативной документации серии ISO 9000 стандартизирован процессный подход, практически повторяющий основные положения системного подхода, только с трактовками, подчеркивающий новизну и перспективность процессного подхода:

– «Процессный подход – это особый взгляд на управление бизнесом, при котором работа организации представлена как система взаимосвязанных процессов. Такой подход выделяет, описывает и приводит к стандарту все бизнес-процессы компании и их взаимосвязи» [1];

– «Цели процессного подхода: облегчить процесс управления компанией за счет регламентации рабочих процессов»;

– «Процессный подход к управлению бизнесом рассматривает компанию не как систему отделов с вертикальной иерархией, а как комплекс процессов с важными взаимными связями»;

– «Процессный подход направлен на то, чтобы выделить и оптимизировать бизнес-процессы компании, которые состоят из ряда последовательных действий сотрудников и в которых может участвовать сразу несколько разных служб внутри организации. Упрощенно говоря, нужно

определить, кто из сотрудников, что и как делает в компании, в какой последовательности они выполняют свои задачи, какие ресурсы для этого используют и какой результат ожидают получить. Это и будет отдельный бизнес-процесс, за которым можно наблюдать и анализировать, насколько эффективно он работает и что нужно изменить, чтобы достигнуть лучших результатов»;

– «Суть процессного подхода в том, чтобы рассматривать все бизнес-процессы в комплексе, учитывая их взаимосвязи. Это помогает делать общую работу непрерывной и слаженной»;

– «В академическом смысле процессный подход к управлению включает такие базовые элементы каждого бизнес-процесса, как вход, выход, ресурсы, владелец, потребители, поставщики и показатели. Если разложить каждый рабочий процесс на такие элементы, он становится более прозрачным, понятным и управляемым. Когда на каком-то этапе происходит сбой, его легко отследить, найти закономерность и придумать, как исправить ошибку».

Сопоставление сущности системного философского подхода с процессным рыночно-экономическим подходом показывает, что процессный подход формально дублирует системный подход с потерей сущности системного подхода.

При системном и процессном подходах совокупность связанных между собой процессов имеет входы и выходы, то есть выход из одного является входом в другой.

Но при процессном подходе отдельные процессы рассматриваются как черные ящики, то есть как кибернетические модели, в которых неизвестно что происходит, и можно только контролировать параметры процесса на входе и выходе, внося после контроля необходимую корректировку в процесс при отклонении значений его параметров от требуемых, методом проб и ошибок, называя это управлением процессом.

При системном подходе каждый процесс рассматривается как система, являющаяся структурным элементом общей системы – совокупности взаимосвязанных по принципу иерархии процессов. При этом каждый процесс, являясь системой, имеет блочно-иерархическую структуру, определяющую внутренние связи системы с ее элементами и элементов между собой. При этом общая блочно-иерархическая структура системы взаимосвязанных процессов представляет совокупность внешних связей между отдельными



системами и внутренних связей в каждой системе. Указанная структура внешних и внутренних связей позволяет разработать математическую модель совокупности иерархически связанных процессов, обеспечивающую автоматизированное управление этими процессами, то есть их необходимую автоматизированную корректировку при отклонении значений выходных параметров процесса от нормированных значений.

Необходимо отметить, что при использовании системного философского подхода в бизнесе понятия «владелец», «потребитель», «поставщик» – это организации, осуществляющие соответствующие процессы. Эти процессы представляют собой системы, имеющие блочно-иерархическую структуру и являющиеся структурными составляющими образуемой ими общей системы – бизнес-процесса. Понимание при системном подходе блочно-иерархической структуры бизнес-процесса, определяющей его внутренние связи с образующими его элементами, и внешние связи с другими системами, влияющими на бизнес-процесс, позволит разработать математическую модель бизнес-процесса, обеспечивающую автоматизированное управление им для реализации продукции требуемого

уровня качества, удовлетворяющего потребителя и производителя.

Из вышесказанного следует, что системный подход имеет значительные преимущества перед процессным подходом и обеспечивает автоматизированное управление технологическими процессами и бизнес-процессами.

### ИСТОЧНИКИ

1. Репин В.В., Елиферов В.Г. Процессный подход к управлению. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544 с.

2. Чернышев В.О., Грабауров В.А. Системный подход к управлению субъектами хозяйствования / Под ред. Ф.А. Романюка. Минск: БНТУ, 2014. 272 с.

3. Протасов В.Н. Планирование и обеспечение качества и эффективности проектирования оборудования для нефтегазодобычи: Монография. М. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. 256 с.

4. Протасов В.Н. Планирование и обеспечение качества и экономической эффективности эксплуатации оборудования для нефтегазодобычи: Монография. М. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. 352 с.

### References

1. Repin V.V., Eliferov V.G. Process approach to management. Moscow: Mann, Ivanov and Ferber, 2013. 544 p.
2. Chernyshev V.O., Grabaurov V.A. Systems approach to management of business entities / Ed. by F.A. Romanyuk. Minsk: BNTU, 2014. 272 p.
3. Protasov V.N. Planning and ensuring the quality and efficiency of designing equipment for oil and gas production: Monograph. Moscow - Vologda: Infra-Engineering, 2024. 256 p.
4. Protasov V.N. Planning and ensuring the quality and economic efficiency of operation of equipment for oil and gas production: Monograph. Moscow - Vologda: Infra-Engineering, 2024. 352 p

# Применения FMEA-анализа на металлургических предприятиях

**Алишер Гафур Угли Абдусаломов**

*аспирант, Иркутский национальный  
исследовательский университет  
e-mail: abdulalimov.95@inbox.ru*

**Аннотация.** Статья посвящена практике применения FMEA-анализа на металлургических предприятиях. Рассматриваются ключевые аспекты методологии FMEA. Приводится пример использования FMEA в реальных условиях металлургической отрасли, что позволяет подчеркнуть важность данного метода в повышении качества продукции и безопасности процессов.

**Ключевые слова:** FMEA-анализ, металлургические предприятия, оценка рисков, качество продукции, безопасность процессов.

**Summary.** The article is devoted to the practice of applying FMEA analysis in metallurgical enterprises. The key aspects of the FMEA methodology are considered. An example of the use of FMEA in the real conditions of the metallurgical industry is given, which makes it possible to emphasize the importance of this method in improving product quality and process safety.

**Keywords:** FMEA analysis, metallurgical enterprises, risk assessment, product quality, process safety.

Металлургическая отрасль является одной из важнейших в экономике многих стран, предоставляя сырье для различных секторов промышленности. Однако с производственными процессами неизбежно связаны риски, которые могут привести к отказам в работе оборудования, снижению качества продукции и увеличению производственных затрат. В связи с этим анализ видов и последствий отказов (FMEA) становится ключевым инструментом для выявления и управления потенциальными рисками. Основным преимуществом данного инструмента управления качеством является его

использование на этапе, предшествующем возникновению потенциальных дефектов, а также возможность применения в различных процессах.

Прежде чем перейдем к практике применения FMEA-анализа на металлургических предприятиях более подробно рассмотрим сущность данного инструмента. FMEA-анализ действительно представляет собой универсальный инструмент для оценки потенциальных рисков и недостатков в разных процессах и продуктах. Он способствует выявлению возможных проблем на ранних этапах разработки и дает возможность принять меры для их устранения, что уменьшает вероятность сбоев в будущем.

Стоит отметить, что метод FMEA применяется в различных отраслях промышленности для управления качеством и минимизации рисков. FMEA широко используется на всех этапах разработки автомобилей, включая проектирование компонентов и систем, с целью повышения надежности и безопасности. Метод также применяется для обеспечения безопасности и надежности авиационной техники и космических аппаратов, где отказ компонентов может иметь серьезные последствия. FMEA помогает в проектировании и производстве электронных устройств, например телефонов, компьютеров и бытовой техники для выявления потенциальных дефектов, и улучшения качества. Многие производственные предприятия применяют FMEA для улучшения процессов и снижения брака в производстве, а также для повышения общей эффективности [1–5].

В связи с обширностью применения данного инструмента FMEA является универсальным инструментом, который может быть применен в любой отрасли, где необходимо повысить качество, безопасность и надежность продукции или процессов. Применение FMEA-анализа на предприятиях набирает популярность и постепенно становится стандартной практикой в различных отраслях. Внедрение метода FMEA на производственных предприятиях приносит разнообразные результаты, включая как количественные, так и качественные показатели.

Применение FMEA позволяет выявить потенциальные дефекты на ранних стадиях разработки



и производства, что способствует снижению доли бракованной продукции и уменьшению степени ошибок.

Анализ помогает усилить контроль за качеством, что в свою очередь повышает надежность и безопасность выпускаемой продукции, что особенно важно в таких отраслях, как автомобилестроение и медицина. Повышение качества, надежности и снижение затрат позволяют организациям более эффективно позиционировать себя на рынке, успешно реагировать на желания клиентов и адаптироваться к изменениям в отрасли.

Кроме того, внедрение FMEA способствует формированию культуры качества на предприятии, подчеркивая важность анализа рисков и проактивного подхода к управлению качеством. На предприятиях, работающих по международным стандартам, таким как ISO 9001 или ISO 13485, использование FMEA облегчает процесс подготовки к сертификации и гарантирует соответствие современным требованиям.

В целом внедрение метода FMEA на промышленных предприятиях свидетельствует о положительной динамике в области управления качеством и повышении эффективности производственных процессов. Тем не менее для достижения максимальных результатов необходимо обучение сотрудников и внедрение культуры непрерывного совершенствования.

Так, например, для выявления потенциальных дефектов на предприятии АО «Узметкомбинат» был проведен FMEA-анализ. Ключевая цель внедрения данного метода заключалась в выявлении потенциальных несоответствий в производственном процессе, а также исследовании причин и последствий выявленных несоответствий. В результате предусмотрена разработка корректирующих мероприятий с применением FMEA-подхода.

Принятие данного решения в АО «Узметкомбинат» было осуществлено на основании того, что метод FMEA позволяет выявить дефекты, которые несут наибольший риск для потребителей, а также определить их возможные причины и, главное, разработать меры по устранению этих проблем задолго до их проявления. Это в свою очередь помогает избежать дополнительных затрат на исправление дефектов.

Применение FMEA-анализа способствует улучшению качества производимой продукции без увеличения ее себестоимости, что является важным для потребителей, и одновременно позволяет контролировать расходы на производство. В АО «Узметкомбинат» процесс внедрения FMEA проводился согласно следующему порядку действий.

На начальном этапе, в соответствии с распоряжением руководства, был выбран ответственный за реализацию FMEA и собрана квалифицированная команда специалистов из различных функциональных областей. В роли ведущего FMEA выступил заместитель главного технолога, который организовал группу профессионалов, в состав которой вошли заместитель главного технолога, начальник отдела контроля качества, а также руководитель производственного цеха.

На следующем этапе, одновременно с формированием команды, осуществлялся сбор необходимых данных для анализа. Далее на последующих этапах квалифицированной командой были выявлены возможные потенциальные дефекты. Помимо этого сотрудниками команды был составлен список предполагаемых несоответствий, которые в первую очередь связаны с транспортировкой, условиями хранения и возможными изменениями внешних условий. Все выявленные дефекты были отражены в специальной таблице.

На основании этого осуществлен экспертный анализ параметров, определенных ранее:

- оценка значимости дефекта S (параметр тяжести последствий) производится с использованием *рис. 1*;

- оценка вероятности возникновения O (параметр частоты появления дефектов) согласно *рис. 2*, где 1 соответствует редким дефектам, а 10 — дефектам, возникающим на регулярной основе, почти постоянно;

- оценка обнаружения D, определенная с помощью *рис. 3*. Этот показатель колеблется от 10 для трудно выявляемых дефектов до 1 для тех, которые можно обнаружить с высокой вероятностью. Результаты проведенного анализа были занесены в матрицу FMEA.

Используя оценочные шкалы значимости, вероятности и обнаружения дефектов, вычисляется приоритетное число риска (ПЧР) по формуле (1):

$$\text{ПЧР} = \text{балл } S \times \text{балл } O \times \text{балл } D \quad (1),$$

где S – значимость последствий несоответствия;  
O – вероятность возникновения несоответствия;

D – вероятность обнаружения несоответствия по данной причине.

Стоит отметить, что для дефектов с несколькими причинами рассчитываются несколько различных приоритетных чисел риска (ПЧР). Каждое из которых может варьировать от 1 до 1000, то есть возможно самое максимальное значение (1000), которое в свою очередь соответствует самому неблагоприятному сценарию (10 × 10 × 10), следовательно, минимальное (1) — наилучшему состоянию (1 × 1 × 1).

Последствие	Критерий значимости последствий	Балл S
Опасное без предупреждения	Очень высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта ухудшает качество продукции и вызывает несоответствие обязательным требованиям безопасности и экологии без предупреждения	10
Опасное с предупреждением	Весьма высокий ранг значимости, когда вид потенциального дефекта ухудшает качество продукции и вызывает несоответствие обязательным требованиям безопасности и экологии с предупреждением	9
Очень важное	Большое нарушение технологического процесса. Может браковаться до 100 % продукции. Продукция бракована с потерей основных показателей качества. Потребитель полностью не удовлетворён	8
Важное	Небольшое нарушение технологического процесса. Может потребоваться сортировка продукции, когда часть её бракуется. Продукция годна, но низкий уровень качества. Потребитель не удовлетворён	7
Умеренное	Небольшое нарушение технологического процесса. Часть продукции необходимо забраковать (без сортировки). Продукция годна, но некоторые показатели качества полностью не соответствуют нормам. Потребитель испытывает неудовлетворение	6
Слабое	Небольшое нарушение технологического процесса. Может потребоваться переделка до 100% продукции. Продукция годна, но некоторые показатели качества не соответствуют нормам. Потребитель испытывает некоторое неудовлетворение	5
Очень слабое	Небольшое нарушение технологического процесса. Может потребоваться сортировка и частичная переделка продукции. Внешний вид продукции не соответствует ожиданиям потребителя. Этот дефект замечает большинство потребителей	4
Незначительное	Небольшое нарушение технологического процесса. Может потребоваться переделка продукции на специальном участке. Внешний вид не соответствует ожиданиям потребителя. Дефект замечает средний потребитель	3
Очень незначительное	Небольшое нарушение технологического процесса. Может потребоваться доработка части продукции на основной технологической линии. Внешний вид не соответствуют ожиданиям потребителя. Дефект замечают придирчивые потребители	2
Отсутствует	Нет последствия	1

Рисунок 1. Оценочная шкала значимости дефекта S в процессе FMEA

## FMEA

Вероятность дефекта	Возможные частоты дефектов	Балл, O
Очень высокая: дефект почти неизбежен	Более 1 из 2	10
	« 1 из 3	9
Высокая: повторяющиеся дефекты	Более 1 из 8	8
	« 1 из 20	7
Умеренная	Более 1 из 80	6
	« 1 из 400	5
	« 1 из 2 000	4
Низкая: относительно мало дефектов	Более 1 из 15 000	3
Очень низкая: исправимый брак	Более 1 из 150 000	2
Малая: дефект маловероятен	Менее 1 из 1 500 000	1

Рисунок 2. Оценочная шкала вероятности возникновения дефекта O в процессе FMEA



Заранее определена критическая граница для ПЧР, которая устанавливается в диапазоне от 100 до 125. Снижение этого показателя свидетельствует о повышении качества и надежности продуктов и процессов.

Следующим этапом FMEA является формирования перечня дефектов (причин), ПЧР которых превышает установленный порог. Для дефектов, значение которых выше предельных значений, требуется внесение изменений в конструкцию или сам производственный процесс. В процессе доработки можно снизить частоту появления дефектов и повысить вероятность их выявления, и, что самое важное, в некоторых ситуациях уменьшить их значимость (см. рис. 3).

В случае АО «Узметкомбинат» FMEA-анализ был проведен для прибора ультразвукового толщиномера, который используется для контроля качества продукции комбината.

АО «Узметкомбинат», как и многие металлургические предприятия, широко использует ультразвуковые толщиномеры, приборы, которые обе-

спечивают точные и неразрушающие измерения, что критично для безопасности и долговечности металлургической продукции. Применение данного прибора позволяет осуществлять контроль качества продукции, проверяя толщины металлических изделий для обеспечения соответствия техническим требованиям.

Прибор работает на основе принципа ультразвукового распространения, отправляя звуковые волны в материал и измеряя время их отражения. При помощи ультразвукового толщиномера измеряются толщины стенок труб и контейнеров для выявления коррозионных повреждений, а также осуществляется регулярная проверка состояния оборудования и конструкций, что позволяет предотвратить аварии. Также с помощью толщиномеров можно проводить регулярные проверки различных металлоконструкций, таких как трубопроводы, резервуары и покрытия, для выявления ранних признаков износа. Стоит отметить, что ультразвуковая технология позволяет проводить измерения без повреждения объекта, что делает ее

Обнаружение	Критерии: вероятность обнаружения дефекта при контроле процесса до следующего или последующего процесса, или до поставки потребителю	Балл, D
Почти невозможно	Нет известного контроля для обнаружения вида дефекта в производственном процессе	10
Очень плохое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	9
Плохое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	8
Очень слабое	Очень низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	7
Слабое	Низкая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	6
Умеренное	Умеренная вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	5
Умеренно хорошее	Умеренно высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	4
Хорошее	Высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	3
Очень хорошее	Очень высокая вероятность обнаружения вида дефекта действующими методами контроля	2
Почти наверняка	Действующий контроль почти наверняка обнаружит вид дефекта. Для подобных процессов известны надежные методы контроля	1

Рисунок 3. Оценочная шкала обнаружения дефекта D в процессе FMEA

идеальной для применения в процессе эксплуатации оборудования. Таким образом, использование ультразвуковых толщиномеров в металлургическом производстве существенно повышает безопасность, надежность и качество продукции.

Для того чтобы выявить возможные отказы и дефекты прибора, рассмотрим его основные составные элементы:

- радиоблок – для беспроводной передачи данных;
- блок датчиков – для получения точных измерений толщины;
- источник питания – обеспечивает энергию для работы устройства;
- корпус – защищает внутренние компоненты от внешних воздействий;
- крышка – дополнительно защищает прибор и обеспечивает доступ к необходимым элементам;
- шнур для обвязки и подвешивания – удобен для использования в полевых условиях, позволяя закреплять прибор для более стабильного измерения.

Эти компоненты обеспечивают функциональность и удобство в эксплуатации ультразвукового толщиномера.

Каждый из перечисленных выше компонентов ультразвукового толщиномера может иметь свои потенциальные дефекты, которые требуют выявления через FMEA-анализ. Использование метода FMEA для применения ультразвукового толщиномера позволяет систематически идентифицировать потенциальные неисправности, которые могут возникнуть в процессе его эксплуатации, а также оценивать их возможные последствия. Метод помогает повысить надежность и безопасность прибора, минимизируя риски и повышая качество функционирования.

В ходе работы была создана таблица для данного анализа, в которой систематизированы данные о возможных неисправностях и последствиях их проявления. На основании данных, представленных в таблице, на примере радиоблока более подробно рассмотрим определение потенциальных дефектов. Для оценки приоритетного числа риска была установлена критическая граница (ПЧРгр) в диапазоне от 100 до 125. В процессе анализа максимальный показатель, достигнутый для радиоблока, составил 100 пунктов, что указывает на необходимость доработки конструкции или производственного процесса данного элемента. В результате этих корректировок предполагается уменьшить частоту возникновения дефектов и увеличить вероятность их выявления.

Таким образом, внедрение FMEA-анализа для ультразвукового толщиномера на металлургиче-

### Определение потенциальных дефектов

Объект анализа		Дата проведения FMEA:	
Ответственный		Контрольные мероприятия	Ужесточение контроля
Исполнители:		R P N	100
Компонент	Возможный дефект	Последствия дефектов	Значимость (S)
1. Радиоблок – для беспроводной передачи данных	1. Порча конденсаторов. 2. Сбой микроконтроллера. 3. Неполадка передатчика	Недоступность передачи данных	10
			Потенциальная причина
			Частота (O)
			Меры контроля
			Обнаружение (D)
			Ужесточение контроля
			1. Предварительная проверка 2. Контроль качества при приемке (входной контроль, приемочный контроль)
			5
			2
			1. Неисправности в поставляемых компонентах. 2. Ошибки на этапе сборки



Объект анализа		Ответственный						Дата проведения FMEA:	
Исполнители:									
2. Блок датчиков – для получения точных измерений толщины	1. Сбой датчиков. 2. Неправильное функционирование датчиков	1. Некорректно передаваемые данные. 2. Ошибочные данные при передаче	10	3	1. Неисправности в поставляемых компонентах. 2. Ошибки на этапе сборки. 3. Неправильная эксплуатация	1. Осуществление калибровки	1	30	Переподготовка и обучение пользователей
3. Источник питания – обеспечивает энергию для работы устройства	1. Уменьшенная емкость блока питания 2. Сбой источника питания.	1. Уменьшение рабочего времени устройства. 2. Выход устройства из строя	7	1	1. Несоблюдение условий хранения. 2. Ущерб герметичности блока питания	1. Предварительная проверка. 2. Контроль качества при приемке (входной контроль, приемочный контроль)	1	7	Оснастить устройство запасным источником питания
4. Корпус – защищает внутренние компоненты от внешних воздействий	Повреждение целостности, Деформация	1. Повреждение устройства. 2. Деформация аппарата. 3. Сбой работы прибора	10	1	Нарушения в процессе производства	Приемочный контроль	1	10	Модернизация процесса производства
5. Крышка – дополнительно защищает прибор и обеспечивает доступ к необходимым элементам	Ущерб герметичности	Проникновение влаги внутрь устройства, что приводит к его неисправности	10	1	Нарушения в процессе производства	Приемочный контроль	1	10	Совершенствование производственного процесса
6. Шнур для обвязки и подвешивания – удобен для использования в полевых условиях, позволяя закреплять прибор для более стабильного измерения	Повреждение целостности, деформация	Отсутствие возможности зафиксировать устройство	5	1	Нарушения в процессе производства	Приемочный контроль	1	5	Оснастить устройство запасным шнуром

ском предприятии позволяет выявить потенциальные дефекты и повысить надежность устройства. Внесение необходимых корректировок и улучшений (например, повышение качества материалов, оптимизация процессов сборки и технического обслуживания) позволит снизить вероятность возникновения дефектов и повысить эффективность их выявления.

В заключение стоит сделать вывод о том, что в условиях современного производства металлургические предприятия сталкиваются со значительными вызовами, связанными с качеством продукции, безопасностью процессов и эффективностью операций. Эти факторы обусловлены высокой степенью автоматизации, сложностью технологических процессов и растущими требованиями потребителей. В таких условиях важность применения методов анализа рисков, таких как FMEA (анализ видов и последствий отказов), возрастает многократно. FMEA-анализ является мощным инструментом для металлургических предприятий, позволяющим систематически выявлять и управлять рисками. Его применение способствует повышению надежности процессов, улучшению качества продукции и увеличению безопасности на производстве. Внедрение FMEA требует командной работы, знания процессов и постоянного мониторинга, однако преимущества, которые он приносит, делают его незаменимым инструментом в современной металлургии.

### Источники

1. Елохов А.М. Управление качеством: Учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2017. 334 с.
2. Кучугуров И.В., Калинина Н.Е. Практика применения FMEA-анализа на российском промышленном предприятии // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: Сб. статей VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 23 мая 2019 г. Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2019. С. 88–97.
3. Панюков Д.И. Применение метода FMEA на предприятии: модель оценки результативности // Методы менеджмента качества. 2022. № 1. С. 42–48.

4. Панюков Д.И. Совершенствование методологии анализа и управления техническими рисками в производственных системах: специальность 05.02.23 «Стандартизация и управление качеством продукции»: Дис. ... д-ра техн. наук. 2022. 728 с.

5. Ярыгина Т.С., Клейменова Н.Л., Назина Л.И. Применение FMEA-анализа на предприятии // Информационные системы и технологии АПК и ПГС: Сб. науч. статей Международной научно-технической конференции: В 2 т. Курск, 6 октября 2023 г. Т. 1. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. С. 137–140.

### References

1. Elokhov A. M. Quality management: a textbook / A. M. Elokhov. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow: NITs INFRA-M, 2017. 334 p.
2. Kuchugurov, I. V. Practice of applying FMEA analysis at a Russian industrial enterprise / I. V. Kuchugurov, N. E. Kalinina // Technical regulation in a single economic space: collection of articles from the VI All-Russian scientific and practical conference with international participation, Yekaterinburg, May 23, 2019. - Yekaterinburg: Russian State Professional Pedagogical University, 2019. - P. 88-97.
3. Panyukov, D. I. Application of the FMEA method at the enterprise: a performance assessment model / D. I. Panyukov // Quality management methods. – 2022. – No. 1. – P. 42-48.
4. Panyukov, D. I. Improving the methodology of analysis and management of technical risks in production systems: specialty 05.02.23 «Standardization and product quality management»: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences / Panyukov Dmitry Ivanovich, 2022. – 728 p.
5. Yarygina, T. S. Application of FMEA analysis at the enterprise / T. S. Yarygina, N. L. Kleymenova, L. I. Nazina // Information systems and technologies of the agro-industrial complex and industrial civil engineering: Collection of scientific articles of the International scientific and technical conference. In 2 volumes, Kursk, October 06, 2023. Volume 1. – Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanova, 2023. – pp. 137-140.



# Анализ рисков в металлургической отрасли: опыт АО «Узметкомбинат»

**Алишер Гафур Угли Абдусаломов**

аспирант, Иркутский национальный  
исследовательский университет  
e-mail: [abdusalomov.95@inbox.ru](mailto:abdusalomov.95@inbox.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена анализу рисков в металлургической отрасли на примере опыта АО «Узметкомбинат». В условиях быстро меняющейся экономической среды и глобальных вызовов, таких как колебания цен на сырье, изменения в законодательстве и экологические требования, эффективное управление рисками становится ключевым фактором успешного функционирования предприятия. В работе рассматриваются основные виды рисков, с которыми сталкивается комбинат, а также методы и инструменты, применяемые для их оценки и минимизации.

**Ключевые слова:** риск-менеджмент, металлургия, анализ рисков, АО «Узметкомбинат», безопасность, экономические риски, экологические риски, инновации, стратегическое планирование.

**Summary.** The article is devoted to the analysis of risks in the metallurgical industry using the experience of JSC Uzmetkombinat as an example. In the context of a rapidly changing economic environment and global challenges, such as fluctuations in raw material prices, changes in legislation and environmental requirements, effective risk management is becoming a key factor in the successful operation of the enterprise. The work examines the main types of risks faced by the plant, as well as the methods and tools used to assess and minimize them.

**Keywords:** risk management, metallurgy, risk analysis, JSC Uzmetkombinat, safety, economic risks, environmental risks, innovations, strategic planning.

Металлургическая отрасль играет ключевую роль в экономическом развитии каждого государства, обеспечивая сырьем множество смежных отраслей. Однако в современных реалиях металлур-

гические предприятия сталкиваются с различными рисками, которые могут существенно повлиять на их деятельность.

Акционерное общество «Узбекский металлургический комбинат» (АО «Узметкомбинат»), начавший свою деятельность 5 марта 1944 г., является одним из крупнейших предприятий в Центральной Азии. На предприятии производится более 100 видов продукции, в том числе из черных и цветных металлов, и широкий ассортимент товаров народного потребления.

В ходе своей деятельности комбинат сталкивается со множеством рисков, которые существенно влияют на его функционирование.

С целью достижения желаемых результатов акционерному обществу «Узметкомбинат» необходимо осуществить полное выявление всех возможных рисков, оказывающих негативное влияние на его эффективную операционную деятельность, а также провести мероприятия по их минимизации.

В рамках проведенного анализа был реализован процесс оценки негативного воздействия рисков на функционирование АО «Узметкомбинат» с предварительным определением вероятности их возникновения. Примененный метод экспертных оценок представляет собой интеграцию как математико-статистических подходов, так и систематических процедур, сопряженных с глубокой обработкой результатов анонимного опроса специализированной экспертной группы.

В ходе анализа была выполнена оценка воздействия рисков, использующая шкалу со значениями, варьирующими от 1 до 10, где 10 соответствует значительному воздействию риска, а 1 — минимальному влиянию. Систематизированные данные анализа представлены в *табл. 1*.

На основании полученных данных была произведена расчетная средняя величина риска, суммарные ранги и стандартное отклонение (*табл. 2*).

По завершении процедуры оценки рисков, выполненной экспертным методом, была составлена карта рисков (рис. 1). Данная карта рисков представляет собой наглядное и текстовое изложение количества значительных рисков, относящихся к АО «Узметкомбинат».

Таблица 1. Результаты оценки влияния рисков на деятельность АО «Узметкомбинат» и вероятность их возникновения

№	Виды рисков	Оценки воздействия риска на деятельность организации (1)				Вероятность возникновения рисков (2)			
		оценки экспертов				оценки экспертов			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	риск механических неисправностей оборудования	8	6	5	10	6	6	7	8
2	риск несоответствия экологическим стандартам	8	7	10	7	7	5	8	8
3	риски увеличения конкуренции на рынке	6	5	7	3	5	4	5	3
4	риск возникновения неожиданных затрат и снижения доходов	4	9	6	7	6	7	5	7
5	риски упущенных финансовых выгод	4	8	5	7	5	6	3	2
6	риск потерь, сопряженных с системой сертификации	1	2	4	3	0	2	0	1
7	риски, связанные со спросом и формированием цен	5	8	10	9	10	7	9	10
8	риски, связанные с аварийными ситуациями	5	8	3	6	9	8	8	9
9	возможные повышения тарифов	3	4	6	8	8	7	8	9
10	риски, связанные с экспортными операциями.	7	6	7	6	5	6	5	7
11	риски технологических убытков.	6	2	7	4	3	1	2	4
12	увеличение конкурентного давления в отрасли.	2	1	5	3	2	3	3	4
13	изменения в законодательной сфере.	0	2	1	0	0	1	0	1
14	намеренные действия, направленные на причинение вреда со стороны сотрудников, конкурентов и других организаций.	5	4	3	4	2	5	4	2

В результате тщательного анализа карты рисков акционерного общества «Узметкомбинат» было установлено, что наибольшее влияние оказывают следующие категории рисков: рыночные риски, ассоциированные со спросом и процессом ценообразования; экологические риски, связанные с нарушением экологических норм и стандартов, а также риски, касающиеся аварийных ситуаций и инцидентов.

Данные рисковые факторы расположены выше линии допустимой нормы, что требует их перемещения из данной зоны.

Задачи эффективного управления рисками в акционерном обществе «Узметкомбинат» реализуются на всех этапах управления рисками. Данная взаимосвязь обусловлена использованием специа-

лизированной матрицы управления рисками, представленной на рис. 2.

Из рис. 2 следует, что этапы управления рисками представляют собой последовательный процесс, включающий процессы идентификации и анализа рисков; процессы исследования методов управления рисками; выбор метода управления, а также реализацию выбранного метода и мониторинг полученных результатов.

На рис. 3 представлена наглядная схема, демонстрирующая процесс эффективного управления рисками на промышленном предприятии АО «Узметкомбинат». На стадии определения потенциальных рисков критически важно осуществлять непрерывный мониторинг и глубокую идентификацию значимых видов рисков, относящихся к кон-

Таблица 2. Степень воздействия рисков на деятельность АО «Узметкомбинат»

№	Виды риска	Средние оценки		Суммы рангов		Отклонения от средней суммы		Квадраты отклонения	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	риск механических неисправностей оборудования	7	7	29	27	-7,4	-6,3	54,8	40,1
2	риск несоответствия экологическим стандартам	8	7	32	28	-10,4	-7,3	108,2	53,8
3	риски увеличения конкуренции на рынке	5	4	21	17	0,6	3,7	0,4	13,4
4	риск возникновения неожиданных затрат и снижения доходов	7	6	26	25	-4,4	-4,3	19,4	18,8
5	риски упущенных финансовых выгод	6	4	24	16	-2,4	4,7	5,8	21,8
6	риск потерь, сопряженных с системой сертификации	3	1	10	3	11,6	17,7	134,6	312,1
7	риски, связанные со спросом и формированием цен	8	9	32	36	-10,4	-15,3	108,2	235,1
8	риски, связанные с аварийными ситуациями	6	9	22	34	-0,4	-13,3	0,2	177,8
9	возможные повышения тарифов	5	8	21	32	0,6	-11,3	0,4	128,4
10	риски, связанные с экспортными операциями.	7	6	26	23	-4,4	-2,3	19,4	5,4
11	риски технологических убытков.	5	3	19	10	2,6	10,7	6,8	113,8
12	увеличение конкурентного давления в отрасли.	3	3	11	12	10,6	8,7	112,4	75,1
13	изменения в законодательной сфере.	1	1	3	2	18,6	18,7	346,0	348,4
14	намеренные действия, направленные на причинение вреда со стороны сотрудников, конкурентов и других организаций.	4	3	16	13	5,6	7,7	31,4	58,8

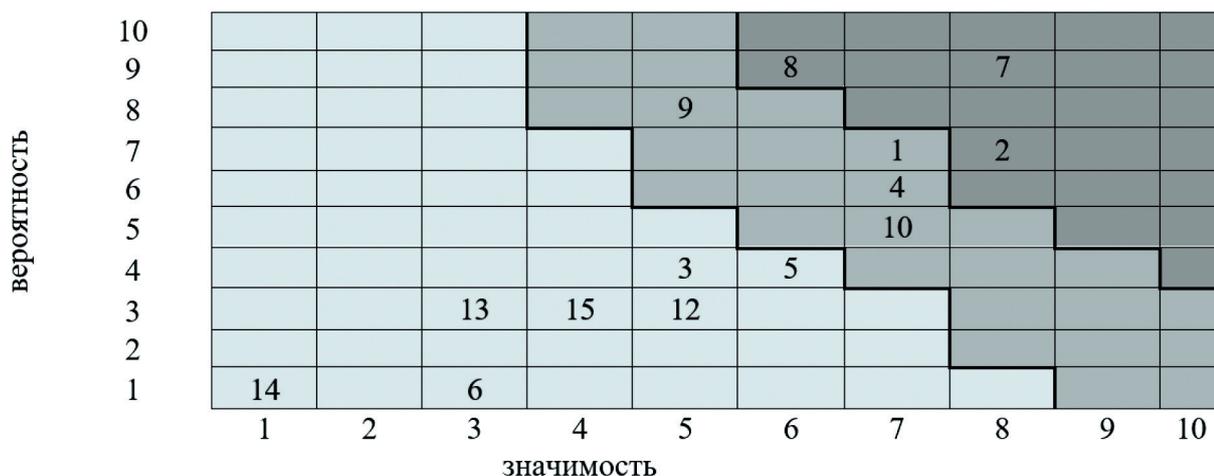


Рисунок 1. Карта рисков АО «Узметкомбинат»

Этапы управления риском	Функции управления риском			
	Планирование	Организация	Исполнение	Анализ результатов
1. Идентификация и анализ рисков				
2. Анализ методов управления риском				
3. Выбор метода управления				
4. Исполнение выбранного метода				
5. Мониторинг результатов и совершенствование				

Рисунок 2. Матрица управления рисками АО «Узметкомбинат»



Рисунок 3. Общая схема процесса управления рисками АО «Узметкомбинат»

кретным направлениям хозяйственной деятельности. Это включает формирование исчерпывающего перечня рисков, характерных для определенных направлений или операций АО «Узметкомбинат», а также создание сбалансированного портфеля рисков, что позволяет проводить детальный анализ и интегрировать их в систему управления.

В процессе всестороннего анализа рисков осуществляется углубленный количественный анализ, предполагающий точное численное выявление специфических потенциальных рисков. В рамках данного анализа устанавливаются конкретные чис-

ленные параметры вероятности возникновения рискованных событий, а также их негативные последствия. Проводится детальная количественная оценка степени риска, вместе с установлением приемлемого уровня риска.

Пример АО «Узметкомбинат» показывает, что эффективное управление рисками может не только минимизировать потенциальные потери, но и стать залогом стабильного роста и успешного функционирования предприятия в условиях неопределенности. Оперативное реагирование на изменения в экономической и законодательной среде, а так-



же внедрение современных технологий и методов управления рисками помогут не только сохранить, но и увеличить конкурентоспособность комбината на рынке.

Примененный метод экспертных оценок позволил провести анализ негативного влияния рисков на функционирование акционерного общества «Узметкомбинат» с предварительной оценкой вероятности их возникновения. Данный подход обеспечил углубленное понимание потенциальных угроз, с которыми может столкнуться АО «Узметкомбинат», а также способствовал оценке степени их негативного воздействия на деятельность компании.

Комплексный анализ обеспечил всестороннее понимание проблемы и обоснованность выводов. Оценка вероятности рисков, основанная на имеющихся данных и анализе рыночной ситуации, позволила выделить наиболее критичные угрозы, требующие незамедлительных мер. Разработанная на основе экспертизы стратегия управления рисками обеспечивает проактивный подход, минимизируя потенциальные негативные последствия. В результате процесс принятия управленческих решений стал более взвешенным и эффективным, что способствует оптимизации ресурсного распределения и снижению рисков.

Применение метода экспертных оценок стало ключевым этапом в анализе рисков и содействует повышению устойчивости акционерного обще-

ства «Узметкомбинат» к внешним и внутренним угрозам.

Таким образом, эффективное управление рисками в металлургической отрасли является необходимым условием для обеспечения стабильности и устойчивого развития АО «Узметкомбинат». Идентификация, оценка и минимизация рисков позволяют предприятию адаптироваться к изменениям во внешней среде и поддерживать конкурентоспособность на рынке металлургической отрасли. Управление рисками в металлургической отрасли является комплексной задачей, требующей системного подхода и постоянного мониторинга как внутренних, так и внешних факторов.

### Использованные источники

1. Иконников А.Ю. Анализ рисков институциональных преобразований в горно-металлургической отрасли России в условиях нестационарности // Экономика и управление: проблемы, решения. 2016. Т. 1. № 11. С. 107–110.

2. Музалева Т.И., Решетов К.Ю. Стратегический анализ рисков в металлургической промышленности // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 12-3(75). С. 159–163.

3. Музалева Т.И., Решетов К.Ю. Особенности минимизации рисков в металлургической промышленности // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 10-2(92). С. 104–108.

### References

1. Ikonnikov A.Yu. Analysis of the risks of institutional transformations in the mining and metallurgical industry of Russia under non-stationarity conditions // *Economy and Management: Problems, Solutions*. 2016. Vol. 1. No. 11. Pp. 107–110.

2. Muzaleva T.I., Reshetov K.Yu. Strategic risk analysis in the metallurgical industry // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2022. No. 12-3(75). Pp. 159–163.

3. Muzaleva T.I., Reshetov K.Yu. Features of risk minimization in the metallurgical industry // *Economy and Business: Theory and Practice*. 2022. No. 10-2(92). Pp. 104–108.

# Улучшение качества производства на основе обратной связи

**А.А. Александров**

аспирант, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина); Санкт-Петербург

e-mail: [aleksandrov.aleksandr.aaa@gmail.com](mailto:aleksandrov.aleksandr.aaa@gmail.com)

**Аннотация.** Данная статья посвящена подходу к улучшению качества процессов и продукции на основе обратной связи заинтересованных сторон. В статье рассмотрены особенности обратной связи как источника информации, практические аспекты и сложности организации процесса работы с обратной связью, а также представлены рекомендации/решения по организации процесса работы с обратной связью на производственном предприятии. Эффективность применения подхода и предложенных методов оценена на основе внедрения процесса у производителя автомобильных компонентов. Внедрение показало, что система работы с обратной связью может выступать в роли эффективного источника улучшений производственной организации.

**Ключевые слова:** обратная связь, улучшение качества, заинтересованные стороны, решение проблем, возможности для улучшения, экономическая целесообразность.

**Summary.** This article is devoted to a process of quality improvement based on stakeholder feedback. This article covers: defining characteristics of feedback as a source of information for quality improvement; aspects and difficulties of implementation of feedback analysis process; methods and recommendations for implementing the feedback analysis process. The efficiency of feedback analysis and proposed methods as a tool for quality improvement has been evaluated through implementation in an auto parts production facility. The implementation showed that a feedback analysis system can act as an effective source of improvement in a production facility.

**Keywords:** feedback, quality improvement, stakeholders, problem solving, opportunities for improvement, cost effectiveness.

Ориентация на потребителя является одним основополагающих принципов менеджмента качества. Реализация принципа ориентации на потребителя лежит в основе постоянного улучшения и сохранения конкурентоспособности организации. Один из лучших и наиболее доступных способов реализации этого принципа – использование обратной связи потребителей для улучшения качества продукции.

Высококонкурентная среда рынка, вызванная уходом зарубежных компаний, создает дополнительный стимул к развитию и, как следствие, к реализации дополнительных векторов улучшения. Поэтому вопрос разработки собственных процессов работы с обратной связью является актуальным для отечественных производителей.

В данной статье будут рассмотрены практические аспекты реализации процесса работы с обратной связью на примере производителя автомобильных фильтров, чтобы оценить потенциал и практичность подхода к улучшению качества на основе обратной связи.

Для того чтобы разрабатывать эффективные механизмы работы с обратной связью, нужно определить четкие критерии того, какую информацию стоит относить к обратной связи. Согласно стандартам ISO, обратная связь – это мнения, комментарии и выражения заинтересованности в продукции, услугах или процессе работы с претензиями [1]. Это определение немного шире того, что можно найти в других источниках, потому что не подразумевает, что обратная связь исходит исключительно от потребителя продукции.

Перекупщики, перевозчики и даже государственные органы могут быть заинтересованы в вашей продукции и, соответственно, могут дать обратную связь, не являясь прямыми пользователями. Мнением этих заинтересованных сторон не стоит пренебрегать, но все же нужно помнить, что наибольшей важностью для нас должна быть именно обратная связь от потребителей, потому что в конечном итоге именно удовлетворение требований потребителей играет ключевую роль в успехе организации [2].

Обратная связь как источник информации обладает рядом особенностей, которые делают ее крайне полезной для улучшения качества продукта.



Обратная связь позволяет получить отзывы напрямую от тех, кто взаимодействует с продуктом. Разрабатывая/изменяя продукт, мы часто ориентируемся на собственное представление о том, каким он должен быть, – интерпретируем требования потребителя. Такой подход влечет риск внесения изменений, которые не повлияют на удовлетворенность или даже снизят ее. Используя же обратную связь (после должной обработки/анализа), мы реализуем изменения на основе актуальных фактов и в направлении, которое важно потребителю.

Обратная связь позволяет получить огромный объем информации о применении продукта в практических условиях. Справедливо будет сказать, что для большинства видов потребительской продукции невозможно провести настолько полное тестирование, что оно позволит рассмотреть все возможные ситуации и условия, в которых продукт будет использоваться. Обратная связь выступает в роли источника информации о «тесте» продукта в рамках всей области его применения, что позволяет не только выявить непредусмотренные условия использования, но и нецелевое (потенциально полезное) применение продукта.

В своей практике мы столкнулись со случаем, когда клиент пожаловался на то, что у него расплавился полиуретановый воздушный фильтр. Выяснилось, что решетка радиатора была забита снегом и двигатель разогревался намного выше нормы. Далее было подтверждено, что значительная доля пользователей в северном регионе сталкивалась с аналогичной проблемой.

Кто-то скажет, что такая обратная связь не обладает ценностью, потому такое использование продукта выходит за рамки условий эксплуатации (нет вины производителя), но если значимый процент людей использует продукт «не как надо» и для них важно, чтобы при этом он сохранял свои свойства, то, возможно, это повод пересмотреть требования и целевое применение продукции.

Одна из наиболее сложных задач в управлении изменениями – это оценка их результативности, особенно если изменения внедряются в ограниченном масштабе в рамках цикла PDCA. Обратная связь позволяет получить информацию, необходимую для оценки изменения и реализации итеративного подхода к улучшению [3].

Используя обратную связь, мы задействуем креативный потенциал огромного количества людей. Многие предприятия внедряют систему подачи предложений, чтобы получать предложения по улучшению от сотрудников, тем самым задействуя креативный потенциал рабочего коллектива. А теперь представьте, что система подачи предложений распространена на всю страну. Используя обрат-

ную связь, мы можем получить множество уникальных решений, включая те, до которых не получилось бы дойти своими силами ввиду отсутствия необходимой перспективы.

Минусы и сложности интерпретации обратной связи:

- обратная связь не всегда объективна. Проблемы, о которых заявляет потребитель, могут быть вызваны факторами, не имеющими отношения к продукту, или вызваны ошибкой пользователя; потребитель может неправильно интерпретировать ситуацию или соврать о ней; оценка может быть подвержена влиянию эмоций; потребитель может неправильно интерпретировать свои потребности и запрашивать/предлагать что-то, что ему на самом деле не важно;

- обратная связь является односторонней и не учитывает все факторы, влияющие на качества продукта, исключительно на основе обратной связи нельзя сделать вывод о целесообразности изменения. Анализируя обратную связь, мы должны учитывать, как предлагаемые изменения скажутся на продукте, удовлетворенности других заинтересованных сторон и являются ли предлагаемые изменения экономически целесообразными [4].

### Источники и формы обратной связи в исследуемой организации

Процесс работы с обратной связью будет рассмотрен с точки зрения отечественного предприятия, производящего автомобильные фильтры для вторичного рынка (далее — Предприятие). Предприятие распространяет свою продукцию через дистрибьюторов, которые снабжают розничные магазины запчастей по всей России. Таким образом, уже можно выделить три группы потребителей, каждая из которых обладает своими требованиями к продукту.

Дистрибьютор взаимодействует с продуктом в ходе логистических процессов, так что его собственная обратная связь в основном касается требований к упаковке и транспортировке. Но в то же время дистрибьютор получает данные от точек розничной торговли и не только о продукции Предприятия, поэтому от дистрибьютора можно опосредованно получить обратную связь конечного пользователя.

Розничные магазины могут получить обратную связь напрямую от потребителей, например, когда клиент приходит за покупкой нового фильтра. Вероятность получить обратную связь во время прямого взаимодействия зависит от проактивности продавца – желания узнать, какой продукт лучше, чтобы предлагать лучшие варианты покупателям [5]. Тем не менее если розничный магазин не имеет



отношения к компании-производителю, то шансы получить доступ к этой информации без внедрения специальных мер очень малы.

Конечный потребитель является источником самого большого количества обратной связи. Он напрямую взаимодействует с продуктом, поэтому может дать обратную связь о его эксплуатационных свойствах. Информация от потребителя, как правило, не обладает достаточной полнотой для формирования выводов или проведения расследования, поэтому требует уточнения в ходе дополнительного общения, инициированного Предприятием.

От вышеобозначенных заинтересованных сторон Предприятие получает обратную связь в следующих формах.

**Письменные коммуникации** (почта) – данные, полученные от контрагентов и через форму обратной связи. Эта форма позволяет рассматривать данные в удобное время, есть возможность запросить дополнительную информацию, так как есть контактные данные.

**Телефонные коммуникации.** Постоянно требуется наличие того, кто или что может принять звонок, необходима квалификация, достаточная для ведения общения с потребителем, консультации по вопросам продукции и понимание того, какую информацию нужно запросить для дальнейшей работы (рассмотрения предложения либо решения проблемы). Телефонные звонки записываются, чтобы была возможность перепроверить детали звонка и интерпретацию обращения.

**Отзывы в Интернете** представляют собой большой объем данных. Иногда отзывы в Интернете настолько поверхностны и лаконичны, что не полезны, а иногда представляют собой полупрофессиональное тестирование продукции (автомобильные энтузиасты). Учитывая количество потенциальных онлайн-источников, может потребоваться потенциального ПО для сбора отзывов в одном месте [6].

### Разработанный процесс работы с обратной связью

Для того чтобы обеспечить эффективную работу с обратной связью на Предприятии, в первую

очередь была создана форма ведения записей об отзывах, которая позволяет отслеживать отзывы/предложения, взятые в работу, и статус работы с ними (рис. 1).

Для того чтобы полностью реализовать потенциал системы, необходимо обеспечить соответствующий объем получаемой информации, иными словами – мотивировать заинтересованные стороны подавать обратную связь.

В первую очередь оставлять обратную связь человека мотивирует именно плохой опыт. Если человек получил качественный продукт, то у него не будет повода поделиться мнением, потому что опыт соответствует его ожиданиям. Если же коробка порвана, а продукт с дефектом, то это может вызвать негативные эмоции, которые являются эффективным мотиватором к действию [7].

Для того чтобы потребитель оставил положительный отзыв, нужно превзойти его ожидания, достичь «вау-эффекта», что довольно проблематично для производителя запчастей. Очень малый процент пользователей сможет оценить технические свойства компонента после установки в автомобиль.

Чтобы мотивировать потребителей подавать больше обратной связи, на Предприятии были реализованы следующие инструменты/подходы:

- графические/маркетинговые материалы с призывом направить свой отзыв, включая постеры, направленные в розничные магазины, раздел для подачи обратной связи на сайте Предприятия и ссылки/телефона для подачи обратной связи на коробке с продукцией;
- система вознаграждения за подачу эффективных предложений в виде купонов на скидку при покупке продукции;
- гарантия бесплатной замены продукта и дополнительного вознаграждения (в виде купона или дополнительной единицы продукции) в случае подтвержденной жалобы на качество.

Человек тратит собственное время и силы, чтобы дать обратную связь. Чтобы минимизировать риск того, что человек передумает направлять обращение, нужно максимально упростить процесс подачи отзыва [8]. На Предприятии процесс подачи обратной связи был упрощен за счет:

№	Краткое описание отзыва	Ссылка на папку с файлами по отзыву	Категория отзыва	Ответственный за разбор	Взят в работу (дата)	Расследование завершено		Заключение
						План	Факт	

Рисунок 1. Формат реестра отзывов



- использования QR-кода для доступа к форме обратной связи;
- снижения количества обязательных для заполнения полей к минимуму – стало не обязательным вносить контактные данные;
- переработки формулировок и дизайна формы, чтобы сделать ее простой и понятной.

Для того чтобы начать обрабатывать отзывы, были введены категории отзывов: положительные, отрицательные, нейтральные и предложения. Для каждой категории и источника/формы отзыва был разработан свой алгоритм работы, который позволяет удовлетворить запросы потребителя и использовать отзыв на пользу Предприятия.

Положительные отзывы редко скрывают в себе потенциал для улучшения качества, но тем не менее они полезны Предприятию, так как поднимают уровень бренда. Положительные отзывы были использованы для мотивации сотрудников внутри Компании путем формирования внутренней рассылки. Подборка из положительных отзывов помогает сотрудникам ощутить признание и свой вклад в создание положительного опыта для потребителя [9].

Отрицательные отзывы обычно свидетельствуют о наличии проблемы, но ввиду субъективности и ненадежности отзыва как источника данных мы должны проверить факты, описанные в отзыве, и является ли описанная ситуация проблемой. Для этого по каждому отрицательному отзыву проводится расследование, чтобы проверить заявленные факты. Расследование включает интервью с потребителем, запрос фотографий и дефектной единицы продукции.

Если расследование подтвердило заявленные факты, то осуществляется переход к оценке отзыва с точки зрения необходимости внедрения изменений. Отрицательный отзыв гостя не всегда стоит считать проблемой, требующей решения. Негативный опыт может быть следствием нормальной приемлемой вариации процесса, разовой ошибки, специальной причины за пределами контроля организации, результатом нетипичных ожиданий потребителя и т.п.

Чтобы определить, является ли ситуация, описанная в отрицательном отзыве, проблемой, требующей решения, стоит задать следующие вопросы:

- 1) Ситуация является следствием ошибки/случайности или носит систематический характер?
- 2) Если мы ничего не изменим, какова вероятность того, что ситуация повторится?
- 3) Обосновано ли недовольство потребителя и насколько вероятно, что другие потребители будут недовольны, столкнувшись с такой же ситуацией?

- 4) Какова серьезность повторного возникновения ситуации?

Так, если ситуация рискует повториться и является негативной с точки зрения значимой части потребителей, то это проблема, которую нужно решать.

Так как на Предприятии уже были реализованы процессы работы с предложениями по улучшению и решению проблем, то отзывы, которые по итогам расследования были отнесены к проблемам или предложениям, копировались в виде ссылок в соответствующие реестры для дальнейшей работы.

Большой наплыв предложений вызвал необходимость расставлять приоритеты по тому, какие должны быть реализованы в первую очередь. В рамках существующего процесса уже был заложен этап определения потенциального экономического эффекта (для выплаты вознаграждения сотрудникам), поэтому этот показатель был использован для ранжирования предложений.

## Результаты внедрения процесса

Внедрив систему работы с обратной связью, мы начали вести учет принятых отзывов, а также количества отзывов, которые привели к решению проблем или внедрению предложений по улучшению.

Внедрение механизмов, мотивирующих подавать обратную связь, привело к увеличению количества получаемых отзывов на ~60% через три месяца после внедрения изменений. Задержка в проявлении эффекта обусловлена тем, что продукция в коробках нового формата (со ссылкой на форму обратной связи) поступила в магазины не сразу.

Форма подачи обратной связи была доработана уже после того, как коробки нового образца поступили в магазин, что позволило оценить эффект от изменения в изоляции от других факторов. В первые два месяца после обновления формы было зафиксировано увеличение количества обращений через онлайн-форму на 12%, притом что количество обращений по почте и телефону находилось в границах обычной вариации.

На основе этих фактов можно сделать вывод, что оба мероприятия оказались полезными для увеличения объема получаемой обратной связи.

Через год после внедрения процесса мы имеем следующую картину: среди всех отзывов, которые использовались для улучшения качества на Предприятии, большая часть является отрицательными (рис. 2).

Значительная часть отзывов (65%) не была использована для улучшений. Наиболее частые причины (в порядке убывания) того, что отзыв не был

## Распределение отзывов потребителей



Рисунок 2. Распределение отзывов, приведших к изменениям

использован: факты отзыва не подтверждены во время расследования, отзыв устарел (например, проблема уже решена), ситуацию не стоит рассматривать как проблему, требующую решения (исключительное событие).

Доля предложений по улучшению, относящихся к улучшению качества продукции/процессов, полученных от потребителей, составила 6% от всех предложений по улучшению, остальные предложения были получены от сотрудников Предприятия.

Доля решенных проблем, которые были взяты в работу на основе обратной связи, составила 54% от всех выявленных проблем.

Объяснить тот факт, что большая часть действенных отзывов являются отрицательными, можно не только описанными ранее особенностями мотивации подавать обратную связь, но и свойствами продукта Предприятия. Фильтр – автомобильный компонент, с которым пользователь активно взаимодействует только при установке; нет повода вспоминать о фильтре, пока он работает исправно; малый процент потребителей может оценить/сравнить технические характеристики фильтра.

От контрагентов (дистрибьюторов и магазинов) было получено и реализовано 14 предложений, 7 касались упаковки/транспортировки продукции, 5 изменения продукта на основе их анализа требований потребителей и продукции конкурентов, 2 относятся к другим аспектам функционирования Предприятия.

В полной мере оценить эффективность системы работы с обратной связью сложно, так как для этого пришлось бы рассчитать экономический эффект каждого изменения, внедренного на основе отзыва.

Тем не менее на Предприятии реализация системы не стоила дополнительных средств: все функции по работе с обратной связью и внедрению изменений на основе обратной связи проводились сотрудниками с фиксированной оплатой труда.

А критерием внедрения любых изменений в рамках процессов решения проблем и работы с предложениями по улучшению является их целесообразность, выраженная как обеспечение выполнения требований или экономическая эффективность, следовательно, априори можно судить о наличии совокупного положительного эффекта от внедрения системы.

Данная статья не учитывает другие потенциальные положительные эффекты от внедрения системы работы с обратной связью, такие как повышение уровня бренда и удовлетворенности потребителей только за счет стандартизированного реагирования/общения с потребителем.

Система работы с обратной связью стала основным источником выявления проблем – 54% всех выявленных проблем. Нельзя утверждать, что данные проблемы не были бы выявлены другим способом, но как минимум обратная связь позволила выявить их раньше, чем другие процессы Предприятия.

Предложения, полученные от заинтересованных сторон, оказались относительно немногочисленны, но само наличие уникальных предложений свидетельствует о полезности системы. Предложения, полученные от потребителя, качественно отличаются от полученных от сотрудников, так как в основном направлены на улучшение свойств продукта, а не на производственного процесса. Так на основе предложений потребителей были внесены изменения в конструкцию нескольких фильтров, делающих установку проще, что потенциально делает продукцию Предприятия привлекательнее продукции оригинального производителя компонента (ОЕМ).

Подводя итог, обратную связь можно использовать как инструмент улучшения качества на производственном предприятии. Эффективность системы зависит от количества получаемых обращений, которое можно увеличить с помощью повышения



осведомленности, доступности каналов связи и системы мотивации давать отзывы. Обратная связь является уникальным источником возможностей по улучшению, и роль этого источника может расти по мере того, как другие векторы исчерпывают себя. Представленные в данной статье теоретические данные и практические разработки могут быть использованы аналогичными предприятиями для разработки собственной системы работы с обратной связью.

### Источники

1. ГОСТ Р ИСО 10002-2020. Менеджмент качества. Удовлетворенность потребителей. Руководящие указания по управлению претензиями в организациях [Электронный ресурс]. Кодекс. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200175065>
2. Почему обратная связь заинтересованных сторон критически важна для успеха [Электронный ресурс]. РМ Альянс. URL: <https://pm-alliance.com/project-stakeholder-feedback/> (дата обращения: 09.01.2025).
3. Карим Майан. Как использовать отзывы клиентов для итеративного улучшения продукта [Электронный ресурс]. Savio. URL: <https://www.savio.io/blog/how-to-use-customer-feedback-for-iterative-product-improvement/>
4. Сиерра Дауд. 3 наиболее распространенных проблемы с обратной связью от клиентов [Электронный ресурс]. Unwrap. URL: <https://www.unwrap.ai/blog-post/the-3-most-common-customer-feedback-challenges-faced-by-product-operations-leaders-and-how-to-solve-them>
5. Шей Флеминг. Важность сбора отзывов клиентов в режиме реального времени (и как их собирать в магазинах и ресторанах) [Электронный ресурс]. Customer THINK. URL: <https://customerthink.com/the-importance-of-collecting-real-time-customer-feedback-and-how-to-capture-it-in-stores-and-restaurants/>
6. Сухин М.П., Одинков С.А., Левина Т.А. Современные требования и рекомендации по сбору обратной связи от потребителей [Электронный ресурс]. CYBERLENINKA. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-trebovaniya-i-rekomendatsii-po-sboru-obratnoy-svyazi-ot-potrebiteley>
7. Джудьян Сонидо. Почему люди чаще оставляют отрицательный отзыв, чем положительный [Электронный ресурс]. Thriveagency. URL: <https://thriveagency.com/news/why-people-are-more-likely-to-leave-a-negative-review-than-a-positive-review/>
8. Зиил Шах, Шабху Рай. О влиянии отзывов клиентов на бизнес [Электронный ресурс]. ResearchGate. URL: [https://www.researchgate.net/publication/361916247\\_A\\_Research\\_Paper\\_on\\_the\\_Effects\\_of\\_Customer\\_Feedback\\_on\\_Business](https://www.researchgate.net/publication/361916247_A_Research_Paper_on_the_Effects_of_Customer_Feedback_on_Business)

publication/361916247\_A\_Research\_Paper\_on\_the\_Effects\_of\_Customer\_Feedback\_on\_Business

9. Эрик Ли. Как использовать обратную связь с клиентами для мотивации ваших сотрудников [Электронный ресурс]. BokkaGroup. URL: <https://www.bokkagroup.com/home-builder-insights/articles/use-customer-feedback-motivate-your-employee>

### References

1. Russian national standard. Quality management. Customer satisfaction. Guidelines for managing complaints in organizations. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200175065> (accessed 09.01.2025). (In Russ.)
2. PM Alliance. Why Project Stakeholder Feedback is Critical for Success. Available at: <https://pm-alliance.com/project-stakeholder-feedback/>
3. Kareem Mayan. How to Use Customer Feedback for Iterative Product Improvement. Available at: <https://www.savio.io/blog/how-to-use-customer-feedback-for-iterative-product-improvement/>
4. Sierra Dowd. The 3 Most Common Customer Feedback Challenges. Available at: <https://www.unwrap.ai/blog-post/the-3-most-common-customer-feedback-challenges-faced-by-product-operations-leaders-and-how-to-solve-them>
5. Shay Fleming. The Importance of Collecting Real-time Customer Feedback (and how to capture it in stores and restaurants). Available at: <https://customerthink.com/the-importance-of-collecting-real-time-customer-feedback-and-how-to-capture-it-in-stores-and-restaurants/>
6. M.P. Sukhin, S.A. Odinkov, T.A. Levina. Modern requirements and recommendations for collecting feedback from consumers. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-trebovaniya-i-rekomendatsii-po-sboru-obratnoy-svyazi-ot-potrebiteley> (In Russ.)
7. Judyann Sonido. Why People Are More Likely To Leave a Negative Review Than a Positive Review. Available at: <https://thriveagency.com/news/why-people-are-more-likely-to-leave-a-negative-review-than-a-positive-review/> (accessed 09.01.2025).
8. Zeel Shah, Shambhu Rai. A Research Paper on the Effects of Customer Feedback on Business. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/361916247\\_A\\_Research\\_Paper\\_on\\_the\\_Effects\\_of\\_Customer\\_Feedback\\_on\\_Business](https://www.researchgate.net/publication/361916247_A_Research_Paper_on_the_Effects_of_Customer_Feedback_on_Business)
9. Eric Lee. How to Use Customer Feedback to Motivate Your Employees. Available at: <https://www.bokkagroup.com/home-builder-insights/articles/use-customer-feedback-motivate-your-employee>

# Исследование проблемы качества продукции, выпускаемой предприятием кабельной промышленности

## А.В. Федоров

аспирант кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Самарского государственного технического университета; г. Самара  
e-mail: alexeyfedorov81@gmail.com

## В.Н. Козловский

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и общая электротехника» Самарского государственного технического университета; г. Самара  
e-mail: kozlovskiy-76@mail.ru

## А.С. Саксонов

доцент кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Самарского государственного технического университета; г. Самара  
e-mail: a.s.saksonoff@yandex.ru

**Аннотация.** В статье изложены результаты исследования проблем, связанных с качеством кабельно-проводниковой продукции, выпускаемой одним из ведущих российских предприятий отрасли. Выполнена вторичная группировка данных, укрупнение дефектов и причин, их повлекших, построены гистограммы распределения дефектов и причин, их повлекших, выполнено сопоставление числа дефектов с объемом выпуска продукции. На основе этих данных сделан вывод о слабо развитой системе управления качеством продукции на предприятии.

**Ключевые слова:** кабельно-проводниковая продукция, управление качеством, статистическая обработка информации, технологические дефекты.

**Summary.** The article presents the results of a study of problems related to the quality of cable and wire products manufactured by one of the leading Russian

enterprises in the industry. A secondary grouping of data was performed, the defects and their causes were enlarged, histograms of the distribution of defects and their causes were constructed, and the number of defects was compared with the volume of output. Based on these data, it is concluded that the company has a poorly developed product quality management system.

**Keywords:** cable and wire products, quality management, statistical information processing, technological defects.

Кабельно-проводниковая продукция (КПП), как и любая другая продукция любой отрасли промышленности, может обладать дефектами. В ходе первичных исследований [1], нам удалось выяснить, что подавляющее большинство дефектов КПП носят технологический характер, выявляются на стадии промежуточных и приемно-сдаточных испытаний и устраняются в короткий срок. Как следствие, производитель КПП при устранении дефектов терпит материальные затраты. Используя простую логику, несложно догадаться, что, снизив затраты на устранение дефектов КПП, путем развития системы менеджмента качества, предприятия кабельной промышленности смогут избавиться от некоторых видов материальных и финансовых издержек.

Ранее нами было исследовано предприятие кабельной промышленности на предмет дефектности продукции [1], в результате чего был создан укрупненный классификатор дефектов. Теперь же мы провели вторичную группировку данных о дефектах КПП, выпускаемой предприятием, оценили динамику производства продукции, сопоставили ее с уровнем дефектности. Далее приводятся результаты этого исследования.

В период с 2018 по 2022 г. на исследуемом предприятии выявлено 2093 технологических дефекта. Данные по дефектам КПП, формализованные в виде актов несоответствия и сведенные в электронные таблицы были подвергнуты вторичной группировке, укрупнению и систематизации по признаку принадлежности продукции к тому или иному производству. Всего выделено 4 группы продукции: неизолированные и обмоточные про-



да, силовой кабель, специальный силовой кабель, нефтепогружной кабель. В результате вторичной группировки было получено 9 укрупненных видов технологических дефектов и 5 укрупненных причин этих дефектов:

- 1) несоответствие требованиям технологической документации;
- 2) разрыв изоляции;
- 3) несоответствие внешнего вида;
- 4) разрушение элемента конструкции во время осуществления технологического процесса;
- 5) пробой изоляции;
- 6) нарушения маркировки;
- 7) нестроительная длина;
- 8) включения в изоляции;
- 9) нарушения упаковки;

Укрупненные причины дефектов:

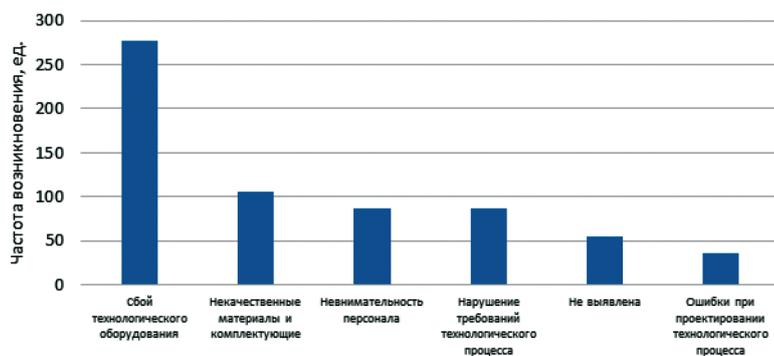
- 1) сбой технологического оборудования;
- 2) нарушение требований технологической документации;
- 3) невнимательность персонала;
- 4) некачественные материалы и комплектующие;
- 5) невыявленные причины.

Таким образом, в группе неизолированных и обмоточных проводов за период 2018–2022 гг. выявлено 278 технологических дефектов, в груп-

пе специального силового кабеля – 115 дефектов, в группе силового кабеля – 288 дефектов, в группе нефтепогружного кабеля (НПК) – 567 дефектов. В качестве примера на рис. 1 и 2 приведены гистограммы распределения дефектов (рис. 1) и их причин (рис. 2).

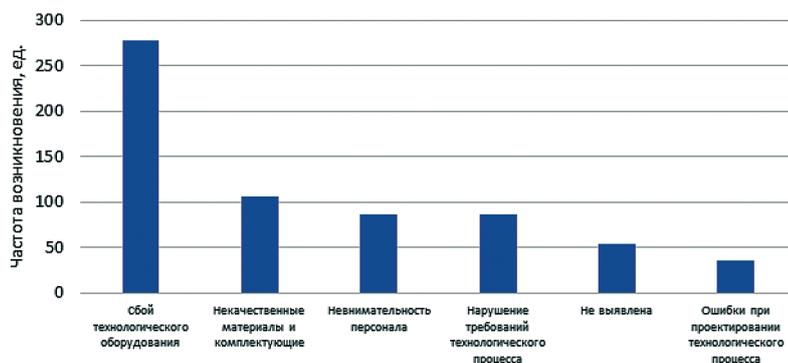
Из аналитических выкладок и графических материалов установлено, что наиболее массовый укрупненный технологический дефект – несоответствие требованиям технологической документации, подразумевающий такие дефекты, как невыдержанные геометрические размеры элементов конструкции изделий, завышенное или заниженное значение активного сопротивления токопроводящих жил, завышенное значение тока утечки, завышенное или заниженное значение временного сопротивления. Не попадает под эту тенденцию только продукция группы нефтепогружного кабеля, где наиболее массовым технологическим дефектом является разрыв изоляции. Наиболее массовой причиной возникновения технологических дефектов является сбой технологического оборудования, который на изучаемом предприятии связан с недостаточным техническим обслуживанием и осмотром оборудования и некорректной настройкой технологических параметров.

Причины дефектов НПК



Укрупненные виды дефектов

Причины дефектов НПК



Причины дефектов

Рисунок 1. Укрупненные дефекты продукции нефтепогружного кабеля ранжированные по частоте возникновения

Рисунок 2. Укрупненные причины дефектов продукции нефтепогружного кабеля, ранжированные по частоте возникновения

Для того чтобы понять, насколько существенна проблема дефектности продукции на исследуемом предприятии уровень дефектности продукции был сопоставлен с объемами выпуска продукции по годам (рис. 3 и 4).

В итоге наибольший процент технологических дефектов наблюдается в группе нефтепгужного кабеля – почти 40% в 2020 г., вторую позицию занимает группа специального силового кабеля, уровень дефектности доходил до 6% в 2020 г., остальные группы имеют уровень дефектности менее 1%

Отдельного внимания заслуживает группа продукции специального силового кабеля – уровень технологических дефектов начал расти во время освоения нового продукта, после отработки технологии его производства уровень дефектности пошел на убыль. Вероятно, в будущем, при освоении нового продукта ситуация с ростом технологических дефектов может повториться.

Очевидно, что на данном предприятии слабо развита система управления качеством продукции, явно используются устаревшие инструменты управления качеством продукции либо вообще не используются.

В настоящее время наибольших успехов в развитии системы управления качеством продукции в России достигла отрасль автомобильной промышленности, что было установлено в ходе анализа доступных источников информации [2]. Значительный вклад в развитие системы управления качеством продукции внесли специалисты АО «АвтоВАЗ». В 2005 г. ими была внедрена в постоянную практику Методика решения проблем качества продукции, которая включает в свой состав инструменты для выявления проблем, связанных с качеством продукции, их анализа выбора корректирующих действий и внедрения этих корректирующих действий. Данная методика актуальна до сих пор [3].

Также стоит уделить внимание отдельным исследователям, которые предлагают технические решения, в области управления качеством продукции КПП. Так, автор [4] с использованием фундаментальных положений теории длинных линий предлагает математическую модель, посредством которой можно определить характеристики кабельного изделия, на основе которых делается вывод об уровне качества изготовления КПП.

Динамика производства продукции нефтепгужного кабеля

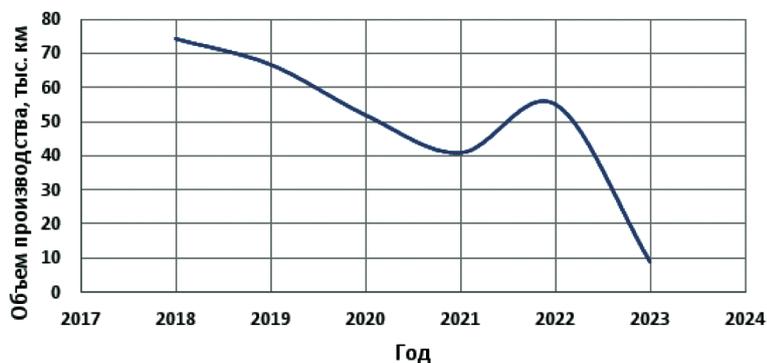


Рисунок 3. Динамика производства продукции группы нефтепгужного кабеля

Динамика возникновения дефектов продукции нефтепгужного кабеля

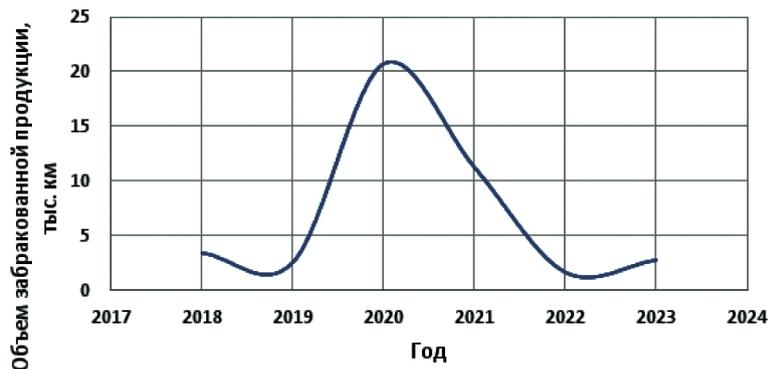


Рисунок 4. Динамика возникновения дефектов продукции группы нефтепгужного кабеля



Таким образом, следует предположить, что для снижения дефектности продукции исследуемого предприятия необходимо переложить опыт управления качеством продукции из отраслей промышленности, которые добились в этой области наибольших успехов, например из автомобильной отрасли.

### Источники

1. Федоров А.В. Обзор проблемы дефектности кабельно-проводниковой продукции // Вестник Тульского государственного университета. Автоматизация: проблемы, идеи, решения: Сб. науч. трудов Национальной научно-технической конференции с международным участием. Тула, 7–9 октября 2024 г. Тула: Тульский государственный университет, 2024. С. 224–229.

2. Козловский В.Н, Строганов В.И. Модели системы стратегического планирования эксплуатационной надежности перспективных автомобилей // Наука – промышленности и сервису. 2012. № 7. С. 787–790.

3. Методика решения проблем качества продукции: Методические материалы. Самара: ЗАО «Академический инжиниринговый центр», 2005. 64 с.

4. Чостковский Б. К. Математическая модель формирования обобщенных параметров качества нерегулярных кабелей связи в стохастической постановке // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2006. № 42. С. 147–161.

### References

1. Fedorov A.V. Review of the Problem of Defectiveness of Cable and Wire Products // Bulletin of Tula State University. Automation: Problems, Ideas, Solutions: Collection of scientific papers of the National Scientific and Technical Conference with international participation. Tula, October 7-9, 2024. Tula: Tula State University, 2024. Pp. 224-229.

2. Kozlovsky V.N., Stroganov V.I. Models of the Strategic Planning System for the Operational Reliability of Advanced Cars // Science for Industry and Service. 2012. No. 7. Pp. 787-790.

3. Methodology for Solving Product Quality Problems: Methodological Materials. Samara: ZAO Academic Engineering Center, 2005. 64 p.

4. Chostkovsky B.K. Mathematical model of formation of generalized parameters of quality of irregular communication cables in stochastic formulation // Bulletin of Samara State Technical University. Series: Physical and Mathematical Sciences. 2006. No. 42. P. 147–161.



# Всероссийский конкурс Программы «100 лучших товаров России»

## Организатор:

Межрегиональная общественная организация «Академия проблем качества им. В.В. Бойцова»

## Поддержка:

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии  
Администрации регионов  
Центры стандартизации, метрологии и сертификации  
Общественные организации

## Масштаб:

71 регион России  
более 4000 товаров  
2000 товаропроизводителей

## Цель:

содействие повышению уровня и качества жизни соотечественников

## Задачи:

- активизация содействия консолидации научного, инженерного, производственного потенциала
- мотивация предприятий на решение актуальных задач ускорения повышения конкурентоспособности реального сектора российской экономики, импортозамещения и наполнения внутреннего рынка страны высококачественными товарами отечественного производства

*Проведение регионального этапа отличает высокий уровень организационной работы и методического обеспечения общественных Региональных комиссий по качеству, территориальных центров Росстандарта и отделений Академии.*

## **В центре внимания коллективов**

*постоянное улучшение качества товаров,  
модернизация производств,  
внедрение инноваций,  
совершенствование управления качеством,  
безопасностью,  
экологичностью,  
ресурсоэффективностью товаров*

[www.qi-journal.ru](http://www.qi-journal.ru)  
[www.academquality.ru](http://www.academquality.ru)



КАЧЕСТВО И ЖИЗНЬ

ISSN 2312-5209

**Журнал «Качество и жизнь»  
рекомендован  
Высшей аттестационной  
комиссией для публикации  
в нем основных научных  
результатов  
диссертаций на соискание  
ученой степени кандидата  
или доктора наук**

