

*На правах рукописи*



**КЛЮЗКО Владимир Анатольевич**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕРНИЗАЦИИ  
ПРОИЗВОДСТВА АППАРАТУРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ  
АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ**

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в науке и промышленности)

***Автореферат***

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Серпухов – 2011

Работа выполнена в Межрегиональном общественном учреждении  
«Институт инженерной физики» (ИИФ РФ)

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**БЕЗРОДНЫЙ Борис Федорович**

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
**ДАНИЛЮК Сергей Григорьевич**  
кандидат технических наук  
**ТОРОПОВ Юрий Александрович**

Ведущая организация: **Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Владимирский Государственный университет им.  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича  
Столетовых» (ВлГУ)**

Защита состоится «14» сентября 2011 г. в 14 ч. на заседании диссертационного совета  
Д 520.033.01 в Межрегиональном научном и образовательном учреждении «Институт  
инженерной физики» (ИИФ РФ) по адресу: 142210, г. Серпухов, Б. Ударный пер.,  
зд. 1 а.

Отзывы на автореферат в 2-х экз. просьба направлять по адресу: 142210, г. Серпухов,  
Б. Ударный пер., зд. 1 а, Межрегиональное научное и образовательное учреждение  
«Институт инженерной физики» (ИИФ РФ), ученому секретарю диссертационного  
совета Д 520.033.01.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Межрегионального научного и  
образовательного учреждения «Институт инженерной физики» по адресу:  
г. Серпухов, Б. Ударный пер., зд. 1а и сайте <http://www.iifrf.ru>.

Автореферат разослан «14» июня 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

кандидат технических наук, доцент



Коровин О.В.



## Общая характеристика работы

*Актуальность темы диссертации.* Генеральной схемой развития железнодорожного транспорта на период до 2015 года, принятой на заседании Правления ОАО «РЖД» 27.07.2006 года, определены мероприятия по модернизации и развитию средств железнодорожной автоматики и телемеханики для обеспечения прогнозируемых объемов грузовых и пассажирских перевозок. Эти мероприятия направлены на замену устаревших и физически изношенных устройств современными и более надежными устройствами. По данным Департамента автоматики и телемеханики ОАО «РЖД» на сети железных дорог имеет место значительный износ технических средств – с превышением нормативного срока эксплуатируется более 93 тыс. стрелок электрической централизации (ЭЦ) (73%), около 26 тыс. км автоблокировки (АБ) (41%). Требуют замены более 50% линейных пунктов систем диспетчерской централизации (ДЦ) и диспетчерского контроля (ДК). Практически все средства железнодорожной автоматики и телемеханики, введенные до 1990 года, по своему качественному уровню не удовлетворяют современным требованиям комплексной автоматизации перевозочного процесса, сдерживают внедрение информационных технологий, несовместимы с системами верхнего уровня автоматизации и информатизации перевозочного процесса.

На сети железных дорог, к сожалению, сохраняется негативная тенденция старения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Объемы выпуска традиционной и освоения новой аппаратуры ЖАТ, необходимые для реализации требований по ежегодному обновлению устройств ЭЦ и АБ для преодоления отмеченных выше негативных тенденций, существенно превышают производственные возможности заводов ОАО «ЭЛТЕЗА». При этом в условиях имеющей место жесткой конкуренции основным критерием конкурентоспособности продукции ОАО «ЭЛТЕЗА» является ее качество. Поэтому сохранение позиций на рынке аппаратуры ЖАТ и освоение ее новых образцов с гарантией реализации представляется возможным только на путях инновационного развития (ИР) основных производств заводов ОАО «ЭЛТЕЗА», целью которого, в первую очередь, является обеспечение высокого качества на всех этапах технологического цикла (ТЦ) и гарантии приемки продукции с первого предъявления (ПП). Однако объемы инвестиций, необходимых для модернизации и внедрения инноваций на всех заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» и на всех этапах их технологических циклов существенно превышают их финансовые возможности. Это определяет необходимость разработки научно обоснованного подхода к оптимизации процесса модернизации комплекса производственных предприятий (ППр) ОАО «ЭЛТЕЗА».

Известны эффективные методы планирования и экономического моделирования производственных процессов и модернизации ППр, изложенные в работах Ашманова С.А., Жданова С.А., Солодовникова А.С., Багриновского К.А., Федосеева В.В., Орловой И.В., Горчакова А.А., Половникова В.А., Елисейевой И.И., Черемных Ю.Н., Иванилова Ю.П. и др. Широкое применение нашли подходы к обеспечению качества образцов радиоэлектронной аппаратуры при ее производстве, в том числе на различных этапах производственного цикла (ПЦ), разработанные Глудкиным О.П., Гуровым А.И., Коробовым А.И., Гуткиным Л.С., Усмановым В.В., Пушкаревым Т.М., Кудрявцевым О.И., Безродным Б.Ф. Созданию методов оптимизации планов модернизации производств, в том числе радиоэлектронных технических средств, посвящены работы Кротова Ф.В., Оппенлендера К., Сахал Д., Кремера Н.Ш., Смирнова К.А., Акулича И.Л., Дуброва А.М., Шикина Е.В., Карр Ч., Хоув Ч.

Однако, применение вышеперечисленных методов в рамках ТЦ производства устройств ЖАТ на заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» не представляется возможным. При финансовых ограничениях на предприятиях ОАО «ЭЛТЕЗА» нет доминирующих производств и предполагаемых инноваций, а распределение устаревшего оборудования и технологических участков, а также проблемных вопросов с обеспечением качества продукции и выполнения отдельных операций при ее изготовлении является достаточно равномерным. Поэтому полный перебор вариантов стратегий модернизации производственных мощностей заводов ОАО «ЭЛТЕЗА» требует значительных затрат на проведение соответствующего технико-экономического анализа. В этом случае требуется более гибкий механизм планирования модернизации ППр устройств ЖАТ.

Обобщая вышеизложенное можно заключить, что научное исследование, направленное на разработку научно-методического обеспечения оптимизации процесса модернизации комплекса ППр на всех этапах ТЦ с учетом возникающих при этом рисков следует признать *актуальным*.

Для настоящего времени характерна *проблемная ситуация*, обусловленная противоречием между практической потребностью проведения модернизации комплекса ППр ОАО «ЭЛТЕЗА», обеспечивающих возрастающие потребности ОАО «РЖД» в современной и качественной аппаратуре ЖАТ, в условиях жестких ограничений финансовых и временных ресурсов и недостаточной разработанностью научно-методического аппарата оптимизации процесса модернизации комплекса ППр.

*Объектом исследований* является процесс модернизации ППр, а *предметом* – методы оптимизации процесса модернизации комплекса ППр на всех этапах их ТЦ с учетом возникающих при этом рисков.

**Научная задача** – разработка научно-методического аппарата, включающего модели и алгоритмы оптимизации процесса модернизации комплекса ППр, и его реализация на практике при рациональном планировании модернизации производственных мощностей заводов ОАО «ЭЛТЕЗА».

**Целью диссертационного исследования** является максимизация вероятности приемки продукции (ВПП) с первого предъявления на всех этапах ТЦ для комплекса ППр с учетом возникающих при этом рисков.

**Основные результаты** диссертации, которые выносятся на защиту:

1. Вероятностно-игровая модель планирования процесса модернизации комплекса предприятий, выпускающих аппаратуру ЖАТ.

2. Методика оптимизации процесса модернизации комплекса производственных предприятий ОАО «ЭЛТЕЗА», обеспечивающих потребности ОАО «РЖД» в аппаратуре ЖАТ, по критерию максимизации вероятности приемки продукции с первого предъявления.

**Достоверность результатов**, полученных в диссертационной работе, прежде всего, основывается на том, что анализ состояния и путей решения поставленной научной задачи проведен с учетом ее актуальности и потребности, обусловленных необходимостью решения важной проблемы, состоящей в повышении качества выпускаемых устройств ЖАТ на всех этапах ТЦ их производства. При решении научной задачи были использованы методологические принципы, разработанные в трудах известных ученых в области оптимизации производственных процессов, обеспечения качества технологии изготовления радиоэлектронных устройств, экспертного и статистического оценивания, а также адекватным применением общепризнанных методов исследования операций, в том числе линейного и динамического программирования.

**Научная новизна и теоретическая значимость** определяется тем, что:

1) разработанная вероятностно-игровая модель планирования модернизации ППр позволяет оценить ВПП с ПП по окончании как всего ПЦ в целом, так и отдельных его этапов. При этом в ней учтены частоты применения для модернизации этапов ПЦ различных вариантов инновационных проектов (ИП), т.е. комплексов инновационных внедряемых элементов и операций, и вероятности проявления рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции, а также условные ВПП с ПП по окончании этапов ПЦ;

2) разработанная методика оптимизации процесса модернизации комплекса производственных предприятий ОАО «ЭЛТЕЗА», обеспечивающих потребности ОАО «РЖД» в аппаратуре ЖАТ, позволяет определить предпочтительные варианты проекта модернизации ИП на каждом этапе, при использова-

нии которых гарантируется максимальная ВПП с ПП по завершении ПЦ в целом.

**Практическая значимость** диссертационной работы обусловлена тем, что разработанные в ходе проведения исследований модель и методика является научно-методической основой для планирования комплексной модернизации заводов ОАО «ЭЛТЕЗА». Проведенный на основе предложенного научно-методического подхода анализ эффективности инвестиций с точки зрения повышения ВПП с ПП с учетом возникающих рисков позволил определить технологические участки, подлежащие модернизации в первую очередь (цех стрелочных приводов на АЭМЗ, гальванический и формовочный участки КЭТЗ), а также оптимальным образом спланировать их техническое перевооружение с учетом вариантов проектов и определяемых ими рисков.

**Внедрение результатов исследований.** Результаты диссертационного исследования реализованы 1) на Армавирском электромеханическом заводе (г. Армавир) при разработке инвестиционного проекта технического перевооружения цеха стрелочных приводов, что обеспечило за счет оптимизации затрат снижение срока окупаемости проекта до двух лет и увеличение прибыли после его внедрения до 15%, по сравнению с 2,1% до проведения модернизации, за счет снижения себестоимости производства, 2) на Камышловском электротехническом заводе (г. Камышлов) при разработке инвестиционных проектов: реконструкции гальванического участка и внедрения технологии высокоскоростного формообразования деталей из листового материала, что позволило после оптимизации инвестиционных затрат обеспечить ежегодный экономический эффект от реализации этих инвестиционных проектов соответственно 53 и 19 млн. руб.

**Апробация и публикации по теме работы.** Результаты работы на Международной научно-технических конференциях «Надежность и качество» (г. Пенза) [4], на научно-технических семинарах кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» МИИТ [3, 8, 9] и ПКТЬ ЦШ – ОАО «РЖД» (г. Москва), X Российской научно-технической конференции «Новые информационные технологии в системах связи и управления» (Калуга) [10], Межведомственной НТК «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем» (г. Ростов) [2], Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование» (г. Серпухов) [12].

По теме диссертации имеются 12 публикаций, среди которых публикация в издании из перечня ВАК [1].

## Основное содержание диссертации

Диссертация имеет объем 152 страницы (25 рисунков, 55 таблиц) и состоит из списка сокращений, введения, трех разделов, заключения, списка литературы (93 наименования) и приложения.

Во *введении* дается анализ состояния предметной области исследований, обосновывается актуальность темы диссертации, формулируется противоречие, составляющее существо проблемной ситуации, исходя из которого, затем определяется цель исследований и научная задача. Здесь же сформулированы основные научные результаты и приводятся данные, подтверждающие их новизну, достоверность и практическую значимость, а также сведения об их реализации, апробации и публикациях.

В *первом разделе* показано, что учетом нормативного срока амортизации систем ЭЦ и АБ, прирост полностью амортизированных устройств составляет более 8-ми тысяч стрелок и 3-х тысяч км АБ в год. Для первоочередного обновления устройств со сроком эксплуатации более 35 лет необходимо ежегодно вводить новые ЭЦ в объеме около 4700 стрелок и автоблокировки – в объеме 1100 км.

Необходимое количество изделий для ежегодного обновления устройств ЭЦ и АБ, выпускаемых заводами ОАО «ЭЛТЕЗА», представлено в таблице 1. Обосновано, что основным критерием конкурентоспособности продукции ОАО «ЭЛТЕЗА» является ее качество, которое определяется количеством поступивших обоснованных претензий. За последние 3 года в адрес электротехнических заводов ОАО «ЭЛТЕЗА» с железных дорог поступило 163 претензии по качеству выпускаемой продукции. Результаты проведенного анализа поступающих претензий свидетельствует о том, что причинами выпуска некачественной продукции является: несоблюдение технологии на отдельных этапах производства, применение некачественных комплектующих, проведение не в полном объеме операционного контроля и приемо-сдаточных испытаний. Не на всех заводах отработана система анализа поступающих замечаний и претензий по качеству выпускаемой продукции и выявления причин возникновения дефектов.

Показано, что существующее состояние средств технологического оснащения на заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» не позволяет решать указанные задачи повышения качества без эффективного ИР, т.к. доля полностью амортизированного оборудования на заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» составляет 66%, а с возрастом более 20 лет – 43% от общего количества. Токарное, фрезерное, расточное и шлифовальное оборудование, определяющее качество изготовления продукции, изношено на 57,3% – 65,2% (таблица 2, рисунок 1). Дальнейшая эксплуатация такого оборудования не обеспечивает требуемого снижения себестоимости, повышения качества и технического уровня продукции.



Таблица 1 – Требуемые объемы выпуска устройств ЖАТ

№ п/п	Наименование	Количество (шт)		
		ЭЦ	Автоблокировка	ВСЕГО
1	Реле группы РЭЛ	428 300	144 000	572 300
2	Реле группы НМШ	322 100	61 200	383 300
3	Блоки релейные разных типов	11 400	-	11 400
4	Регулятор тока типа РТА	3 200	580	3 780
5	Генератор ГП	8 300	4 950	13 250
6	Приемник ПП	13 800	9 800	23 600
7	Фильтр ФПМ	13 800	4 950	18 750
8	Стативы блочные	815	-	815
9	Стативы релейные типовые	4 760	-	4 760
10	Панели питания	1 300	-	1 300
11	Пульт типа ППНБМ	650	-	650
12.	Секция выносного табло	140	-	140
13	Щиток переездной сигнализации	-	430	430
Напольное оборудование				
14	Шкаф релейный	2 150	3 500	5 650
15.	Светофор мачтовый	1 380	2 490	3 870
16.	Светофор карликовый	7 960	-	7 960
17.	Светофор переездный	-	870	870
18.	Ящик путевой	20 700	-	20 700
19	Трансформаторы типа ПОБС, СОБС	6 400	14 600	21 000
20.	Трансформаторы типа СТ	34 300	-	34 300
21	Дроссель-трансформатор типа ДТ	3 450	3 500	6 950
22.	Автошлагбаум	-	870	870

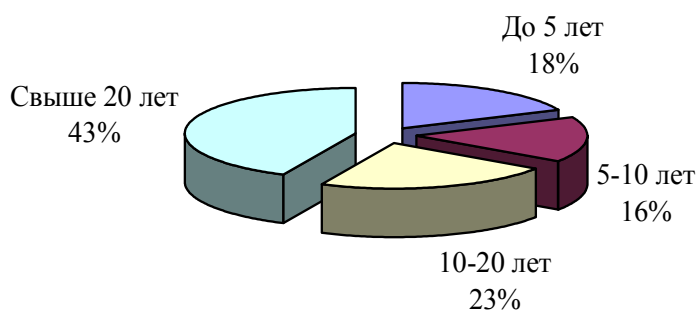


Рис. 1 – Возрастной состав технологического оборудования ОАО «ЭЛТЕЗА»

Проведенный анализ показал, что на заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» нет доминирующих производств и предполагаемых инноваций, а распределение устаревшего оборудования и технологических участков, а также проблемных вопросов с обеспечением качества продукции и выполнения отдельных операций

при ее изготовлении является достаточно равномерным.

Таблица 2 – Возрастной состав технологического оборудования заводов ОАО «ЭЛТЕЗА»

Завод филиал	Всего, шт.	В том числе по срокам службы							
		до 5 лет.	% к парку	5-10 лет.	% к парку	10-20 лет	% к парку	20 лет и более	% к парку
Армавирский ЭМЗ	280	55	19,6	47	16,8	98	35,0	80	28,6
Волгоградский ЛМЗ	268	79	29,5	40	14,9	50	18,7	99	36,9
Гатчинский ЭТЗ	520	70	13,5	65	12,5	141	27,1	244	46,9
Елецкий ЭМЗ	511	95	18,6	63	12,3	73	14,3	280	54,8
Камышловский ЭТЗ	1312	284	21,6	236	18,0	249	19,0	543	41,4
Лосиноостровский ЭТЗ	494	75	15,2	29	5,9	108	21,9	282	57,1
Санкт-Петербургский ЭТЗ	974	119	12,2	156	16,0	227	23,3	472	48,5
Санкт-Петербургский ЗЭТО	151	16	10,6	45	29,8	72	47,7	18	11,9
<b>ВСЕГО ОБОРУДОВАНИЯ:</b>	<b>4510</b>	<b>793</b>	<b>17,6</b>	<b>681</b>	<b>16,1</b>	<b>1018</b>	<b>22,6</b>	<b>2018</b>	<b>43,7</b>

Структура парка оборудования ОАО «ЭЛТЕЗА» в разрезе основных технологических групп представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Возрастной состав оборудования ОАО «ЭЛТЕЗА» по технологическим группам

№	Группа оборудования	Количество единиц оборудования со сроком эксплуатации								Итого в группе.	Доля группы оборудования в общем объеме, %
		До 5 лет		5-10 лет		10-20 лет		Свыше 20 лет			
		Кол-во	Доля в группе, %	Кол-во	Доля в группе, %	Кол-во	Доля в группе, %	Кол-во	Доля в группе, %		
1	Заготовительное	24	14,0%	31	18,1%	46	26,9%	70	40,9%	171	4,2%
2	Токарное	31	11,2%	25	9,1%	59	21,4%	161	58,3%	276	6,8%
3	Фрезерное	21	11,4%	25	13,5%	33	17,8%	106	57,3%	185	4,6%
4	Термическое	30	26,1%	18	15,7%	23	20,0%	44	38,3%	115	2,8%
5	Расточное	1	4,3%	3	13,0%	4	17,4%	15	65,2%	23	0,6%
6	Шлифовальное	26	14,9%	16	9,1%	43	24,6%	90	51,4%	175	4,3%
7	Зубообрабатывающее	0	0,0%	0	0,0%	1	14,3%	6	85,7%	7	0,2%
8	Оборудование для изготовления резьбовых деталей	14	13,1%	9	8,4%	14	13,1%	70	65,4%	107	2,7%
9	Гальваническое	47	16,6%	55	19,4%	123	43,5%	58	20,5%	283	7,0%
10	Специальное (станки агрегатные)	3	33,3%	1	11,1%	4	44,4%	1	11,1%	9	0,2%
11	Кузнечнопрессовое.	19	4,1%	27	5,8%	110	23,5%	312	66,7%	468	11,6%
12	Литейное (черные металлы и сплавы).	4	16,7%	3	12,5%	7	29,2%	10	41,7%	24	0,6%
13	Оборудование для литья цветных металлов и сплавов.	1	5,6%	1	5,6%	9	50,0%	7	38,9%	18	0,4%
14	Оборудование для обработки реактопластов.	13	19,4%	4	6,0%	10	14,9%	40	59,7%	67	1,7%
15	Оборудование для обработки термопластмасс.	2	7,1%	7	25,0%	14	50,0%	5	17,9%	28	0,7%
16	Оборудование для монтажа РЭА	9	15,5%	7	12,1%	9	15,5%	33	56,9%	58	1,4%
17	Испытательное.	70	37,4%	56	29,9%	25	13,4%	36	19,3%	187	4,6%
18	Грузоподъемное	32	15,0%	31	14,5%	53	24,8%	98	45,8%	214	5,3%
19	Энергетическое.	85	19,6%	69	15,9%	109	25,2%	170	39,3%	433	10,7%
20	Транспорт	34	22,4%	56	36,8%	52	34,2%	10	6,6%	152	3,8%
21	Деревообрабатывающее	3	6,5%	0	0,0%	8	17,4%	35	76,1%	46	1,1%

Из вышеизложенного следует, что сохранение позиций на рынке аппаратуры ЖАТ и освоение ее новых образцов с гарантией реализации представляется возможным только на путях ИР основных производств заводов ОАО «ЭЛТЕЗА», целью которого, в первую очередь, является обеспечение высокого качества на всех этапах ТЦ и гарантии приемки продукции с ПП. Однако полный перебор даже нескольких вариантов стратегий ИР производственных мощностей заводов ОАО «ЭЛТЕЗА» требует значительных вычислительных людских и материальных затрат на проведение соответствующего технико-экономического анализа. В завершении раздела сформулированы задачи исследований и определены пути и методы их решения.

**Второй раздел** диссертации посвящен разработке комплекса моделей и методик, составляющего методическую основу планирования ИПц модернизации ППр. Разработана вероятностно-игровая модель планирования ИПц модернизации ППр, на основе оценок ВПП с ПП, учитывающих возможность внедрения различных инноваций и преодоления определяемых их реализацией различных рисков.

В рамках данной модели ПЦ рассмотрен как  $n$  статистически независимых этапов, имеющих вероятности  $P_i = P(A_i)$ , ( $i = \overline{1, n}$ ) приемки продукции с ПП по их окончании (события  $A_i$ ). ВПП с ПП в конце ПЦ:

$$P = \prod_{i=1}^n P_i = \prod_{i=1}^n P(A_i) \quad (1)$$

На  $i$ -м этапе могут использоваться  $k_i$  различных взаимоисключающих ИП, включая (пустой), когда конкретный этап ПЦ просто не будет модернизироваться. Тогда ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа равна:

$$P(A_i) = \sum_{j=1}^{k_i} P(A_i | B_{ij}) P(B_{ij}) = \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij} \quad (2)$$

где  $r_{ij} = P(A_i | B_{ij})$  – условная ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа при условии выбора для его модернизации  $j$ -го ИП, а  $q_{ij} = P(B_{ij})$  – безусловная вероятность выбора из возможных вариантов  $j$ -го ИП для модернизации  $i$ -го этапа ПЦ.

В результате ВПП с ПП по окончании всего ТЦ равна:

$$P = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} P(A_i | B_{ij}) P(B_{ij}) = \prod_{i=1}^n \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij} \quad (3)$$

Условные вероятности  $r_{ij}$  приемки продукции с ПП по окончании  $i$ -го этапа с применением для его модернизации  $j$ -го ИП зависят от конкретного состава этого проекта, содержания входящих в нее инновационных элементов и операций и порядка их применения, а также от влияния определяемых их реа-

лизацией различных рисков. Оценкам именно этих условных вероятностей посвящены известные методики и модели.

Безусловные вероятности  $q_{ij}$  применения для модернизации на  $i$ -м этапе ПЦ  $j$ -го ИП при вычислении ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа являются параметрами и вычисляются однозначно, исходя из максимума ВПП с ПП по окончании всего ПЦ в целом, а их оптимальные значения носят характер рекомендуемых в среднем частот применения конкретных ИП.

Показано, что на практике наблюдается сильная зависимость ВПП с ПП по окончании этапа не только от использования того или иного ИП, но и от набора, характеристик влияния и условий проявления различных рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции. После введения в рассмотрение событий  $\Pi_{it}$ ,  $t = \overline{1, n_i}$  проявления вариантов наборов различных рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции на  $i$ -м этапе рассматриваемого ПЦ вводятся условные вероятности  $d_{ijt} = P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it})$  как ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа исследуемого ПЦ при использовании  $j$ -го ИП в случае действия  $t$ -го варианта набора рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции. Условная ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа ПЦ с применением  $j$ -го ИП:

$$r_{ij} = P(A_i | B_{ij}) = \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it}) = \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} P(\Pi_{it}) = \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} w_{it} \quad (4)$$

где  $w_{it} = P(\Pi_{it})$  – безусловные вероятности действия на  $i$ -м этапе рассматриваемого ПЦ  $t$ -го варианта набора рисков, дестабилизирующих процесс производства.

В этом случае формула (2) принимает вид:

$$P(A_i) = \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it}) P(B_{ij}) P(\Pi_{it}) = \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it}, \quad (5)$$

а формула (3) в итоге преобразуется в:

$$P = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it}) P(B_{ij}) P(\Pi_{it}) = \prod_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it} \quad (6)$$

Вероятность  $w_{it} = P(\Pi_{it})$  действия на  $i$ -м этапе рассматриваемого ПЦ  $t$ -го варианта набора рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции, в общем случае целесообразно определять на основе экспертного опроса опытных сотрудников отдела подготовки производства и технологов с учетом результатов проводимого службой качества анализа отклонений технологического процесса на конкретных производствах за исследуемые несколько лет, а в противном случае следует ориентироваться на самые неблагоприятные их значения.

При этом формула (4) определяет ВПП с ПП по окончании  $i$ -го этапа ПЦ при условии применения для его модернизации  $j$ -го варианта ИП как ее безусловное математическое ожидание, то есть ее значение, усредненное по различным вариантам набора рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции. Формулы же (5) и (6) учитывают влияние неуправляемых (в смысле теории игр) рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции.

Такой «осредненный» подход к оценкам  $P(A_i | B_{ij})$  несколько загроубляет их, но на практике существенно проще в вычислительном смысле. Он позволяет учесть различные варианты проявления и влияния рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции, в совокупности, что с учетом сложности оценки безусловных вероятностей  $P(\Pi_{it})$  проявления  $t$ -го варианта набора рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции, позволяет сузить в среднем ущерб от воздействия дестабилизирующих факторов, за счет интегрального их учета в (2) и (3).

Для получения оценок условных вероятностей, используемых в рассмотренной выше модели, в диссертации применяется методика экспертного оценивания условных ВПП с ПП на каждом этапе ТЦ. В основу предложенной методики положен метод группового опроса экспертов по заранее поставленным целям (таблица 4) и согласования их мнений путем вычисления коэффициента конкордации [выражения (7), (8)].

Коэффициент конкордации  $W$  в случае отсутствия равных рангов:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n)} \sum_{j=1}^n d_j^2, \quad (7)$$

где  $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – количество ИП модернизации ПП;  $m$  – количество экспертов;  $d_j$  – отклонение суммы рангов по  $j$ -му ИП от среднего арифметического сумм рангов по  $n$  инвестиционных проектам.

Таблица 4 – Матрица «цель – инновации»

Инновации достижения цели	Общая цель		
	Подцель А	Подцель В	Подцель С
Инновационный проект $B_1$	$P(A/B_1)$	$P(B/B_1)$	$P(C/B_1)$
Инновационный проект $B_2$	$P(A/B_2)$	$P(B/B_2)$	$P(C/B_2)$
.....	.....	.....	.....
Инновационный проект $B_j$	$P(A/B_j)$	$P(B/B_j)$	$P(C/B_j)$
.....	.....	.....	.....
Инновационный проект $B_J$	$P(A/B_J)$	$P(B/B_J)$	$P(C/B_J)$

Коэффициент конкордации  $W$  в случае наличия равных рангов:

$$W = \frac{12}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \sum_{j=1}^n d_j^2 \quad (8)$$

где  $T_i$  – показатель равных (связанных) рангов;  $T_i = \sum_{l=1}^L (t_l^3 - t_l)$ ;  $L$  – число групп равных рангов в оценках  $i$ -го эксперта;  $l = 1, 2, \dots, n$ ;  $t_l$  – число равных рангов в  $l$ -й группе.

Далее на основе вероятностно-игровой модели ИПц модернизации ППр поставлена и решена задача определения оптимального, в смысле максимизации ВПП с ПП, ИП с учетом рисков, возникающих в случае его реализации. При этом условные ВПП с ПП по завершении этапов ПЦ  $r_{ij} = P(A_i | B_{ij})$  и  $d_{ijt} = P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it})$  вычисляются с использованием вышеизложенной методики экспертного, а безусловные вероятности  $P(B_{ij}) = q_{ij}$  и  $P(\Pi_{it}) = w_{it}$ , ( $i = \overline{1, N}$ ,  $j = \overline{1, k_i}$ ,  $t = \overline{1, n_i}$ ) являются варьируемыми величинами (переменными). При этом их значения выбираются, ориентируясь на наилучший вариант, как антагонистически управляемые переменные, либо по ним необходимо усреднять ВПП с ПП, когда в силу априорной неопределенности их следует считать случайными факторами. На них накладываются ограничения, естественные для событий образующих полную группу:

$$0 \leq w_{it} \leq 1; \quad t = \overline{1, n_i}, \quad \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} = 1, \quad \text{для любого } i = \overline{1, N}. \quad (9)$$

Напротив, выбор оптимальных значений величин  $q_{ij}$ , максимизирующих ВПП с ПП, составляет в конечном итоге суть процесса оптимизации порядка выбора оптимального из возможных ИП. На них, аналогично (9) следует наложить естественные ограничения:

$$0 \leq q_{ij} \leq 1; \quad j = \overline{1, n_i}, \quad \sum_{j=1}^{n_i} q_{ij} = 1, \quad \text{для любого } i = \overline{1, N}. \quad (10)$$

Поскольку существует возможность использования одних и тех же инноваций на различных этапах ПЦ, оценка стоимости реализации ИП затрудняется, так как в общем случае теряет столь необходимую для формализации получения такой оценки аддитивность. Поэтому введено понятие удельной амортизационной стоимости инновации, что позволяет получить аддитивные ограничения стоимости используемых их наборов на каждом из этапов ПЦ. Пусть  $C$  – стоимость конкретной реализуемой при модернизации ПЦ инновации, т.е. затраты на оснащение, документирование, подготовку специалистов и иные затраты, связанные с ее подготовкой и реализацией;  $T$  – среднее время ее использования при организации ПЦ, а  $t$  – предписанная технологическим процессом или плановая периодичность применения рассматриваемой инновации. Считается, что амортизация затрат на реализацию при модернизации ПЦ конкретной

инновации распределяются равномерно в течение всего срока ее использования. Тогда удельная амортизационная стоимость однократного применения этой инновации:

$$C_{y\partial} = \frac{C \cdot t}{T}. \quad (11)$$

Сложением удельных амортизационных стоимостей инноваций, входящих в  $j$ -й вариант ИП, используемого для модернизации  $i$ -го этапа ПЦ, получается удельная амортизационную стоимость  $c_{ij}$   $j$ -го ИП для модернизации  $i$ -го этапа ПЦ. При этом стоимость  $c_i$  инновационной модернизации  $i$ -го этапа ПЦ как ее математическое ожидание рассчитывается по формуле:

$$C_i = \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij}. \quad (12)$$

Тогда выражение для расчета итоговой стоимости инновационной модернизации ПЦ принимает вид:

$$C = \sum_{i=1}^N C_i = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij}. \quad (13)$$

Если обозначить через  $C_0$  максимально допустимую, исходя из финансовых возможностей предприятия величину стоимости ИП модернизации ПЦ, то задача оптимизации будет иметь вид:

$$P \rightarrow \max, \quad \text{при } C \leq C_0. \quad (14)$$

С учетом формул (3), (13) и ограничения (10), задача (14) принимает вид:

$$P_{\max} = \max_{q_{ij}} \prod_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij} \right], \quad (15)$$

при  $\sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_0; \quad 0 \leq q_{ij} \leq 1; \quad j = \overline{1, k_i} \quad i = \overline{1, N}.$

Постановка (15) оптимизационной задачи (14) соответствует случаю, когда наборы рисков при реализации ИП носят случайный характер, а условная вероятность  $P(A_i | B_{ij})$  по различным наборам рисков усредняется, т.е.  $P(A_i | B_{ij})$  принимается равным математическому ожиданию вероятности  $P(A_i | B_{ij} | \Pi_{it})$ .

Если же такое усреднение не проводить, а принять игровую модель, при которой проявление различных наборов рисков, возникающих при реализации ИП, является не случайным, а рассчитывается на наихудший случай, то оптимизационная задача (14) с учетом формул (6), (13) и ограничений (9),(10) принимает вид:

$$P_{\max} = \max_{q_{ij}} \min_{w_{it}} \prod_{i=1}^N \left[ \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it} \right], \quad (16)$$

$$\text{при } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_0; \quad \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \quad \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} = 1; \quad 0 \leq q_{ij} \leq 1;$$

$$0 \leq w_{it} \leq 1; i = \overline{1, N}; j = \overline{1, k_i}; t = \overline{1, n_i}.$$

Выбор оптимального варианта ИП предполагает решение этих задач в чистых стратегиях. Это означает, что вероятности применения какого-либо из ИП на любом этапе ПЦ могут принимать только значения «0» или «1», что соответствует выработке рекомендаций об использовании конкретных комплексов инноваций элементов и операций, составляющих ИП, реализуемый для модернизации того или иного этапа ПЦ.

Для получения аддитивного выражения критерия оптимизации применено его логарифмирование с учетом монотонности функции  $\ln(x)$ , после чего оптимизационная задача (15) примет вид:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{q_{ij}} \sum_{i=1}^N \ln \left[ \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij} \right], \quad (17)$$

$$\text{при } \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1, \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_0, \quad 0 \leq q_{ij} \leq 1, \quad j = \overline{1, k_i}, \quad i = \overline{1, N}.$$

Если предположить также, что финансовый ресурс  $C_0$  инновационной модернизации ПЦ, распределен между его этапами некоторым образом  $C_0 = C_1 + \dots + C_N$ , то в этом случае при фиксированных  $C_1, \dots, C_N$  можно оптимизировать этапы по отдельности, т.к. каждое слагаемое – логарифм в критерии оптимизации зависит от своих  $q_{ij}$ , и задача (17) трансформируется в задачу:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^N \ln \left[ \max_{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}} \sum_{j=1}^{k_i} r_{ij} q_{ij} \right], \quad (18)$$

$$\text{при } \sum_{i=1}^N C_i = C_0, \quad \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} = C_i, \quad \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, N}.$$

Данная задача представляет собой суперпозицию задачи максимизации ВПП с ПП по завершении всего ПЦ на основе оптимизации распределения ресурсов между его этапами

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^N \ln \varphi_i(C_i), \quad (19)$$



при  $C_1 + \dots + C_N = C_0$ , и задач максимизации ВПП с ПП по завершении его этапов

$$\varphi_i(C_i) = \max_{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}} \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} r_{ij}, \quad \text{при } 0 \leq q_{ij} \leq 1, \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1, \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_i. \quad (20)$$

Задача (19) является задачей распределения ресурсов, а задача (20) представляет собой в общем случае задачу линейного программирования.

Решение задачи (15) осуществлялось путем последовательного решения набора  $N$  задач (20) и задачи (19) в чистых стратегиях. Это означает, что для любого  $i = \overline{1, N}$  в наборе вероятностей  $q_{i1}, \dots, q_{ik_i}$  одна равна единице, остальные – нулю. В этом случае ограничения задачи (20) определяют множества индексов  $j$  таких что, соответствующие вероятности  $q_{ij}$  могут принимать значение 1. Это множество  $J_i(C_i)$ . Тогда решением задачи (16) в чистых стратегиях будет:

$$\varphi_i(C_i) = \max_{j \in J_i(C_i)} r_{ij} = r_{ij_i^{onm}}(C_i); \quad (21)$$

а задача (19) примет вид:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^N \ln \left( \max_{j \in J_i(C_i)} r_{ij} \right), \quad \text{при } C_1 + \dots + C_N = C_0. \quad (22)$$

Задачу (22) была решена методом динамического программирования. Согласно принципу оптимальности Беллмана справедливо следующее равенство:

$$\begin{aligned} (\ln P)_{\max} &= \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{j=1}^N \ln \varphi_j(C_j) = \\ &= \max_{C_1} (\ln \varphi_1(C_1) + \max_{C_2} (\ln \varphi_2(C_2) + \max_{C_3} (\ln \varphi_3(C_3) + \dots))) \end{aligned} \quad (23)$$

при  $C_1 + \dots + C_N = C_0$ .

Т.е. имеет место рекурсивная зависимость:

$$\begin{aligned} (\ln P)_{\max} &= \max_{C_1} F_1(C_1); \quad F_i(C_i) = \ln \varphi_i(C_i) + \max_{C_{i+1}} F_{i+1}(C_{i+1}); \\ i &= 2, \dots, N-1; \quad F_N = \max_{C_N} \ln \varphi_N(C_N). \end{aligned} \quad (24)$$

Так как ограничение  $C_i$ ,  $i = \overline{1, N}$  на практике изменяется дискретно, множество значений ограничений  $C_i$ , дающих различные значения  $j_i^{onm}$  от  $C_i$  представляет упорядоченный в порядке возрастания набор удельных амортизационных стоимостей  $\{c_{ij_1}, \dots, c_{ij_{k_i}}\}$  для  $i$ -го этапа ПЦ. Таким образом, задача динамического программирования (22)–(24) является дискретной, и после применения алгоритма Беллмана решение оптимизационной задачи (15) в чистых стратегиях имеет вид:

$$P_{\max} = \prod_{i=1}^N r_{ij_i}^{onm} (C_i^{onm}), \quad (25)$$

$C_1^{onm}, \dots, C_N^{onm}$  – решение задачи (22)–(24);  $r_{ij_i}^{onm} (C_i^{onm})$  – решение задачи (20);

$j_i^{onm} (C_i^{onm})$  – оптимальный вариант ИП для модернизации  $i$ -го этапа ПЦ.

Решение в чистых стратегиях оптимизационной задачи (16), учитывающей проявления различных рисков, возникающих в процессе инновационной модернизации предприятия, осуществляется также после логарифмирования целевой функции оптимизационной задачи (16). Тогда она принимает вид:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{q_{ij}} \min_{w_{it}} \sum_{j=1}^n \ln \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it}, \text{ при } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_0; \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} = 1; 0 \leq q_{ij} \leq 1; 0 \leq w_{it} \leq 1; j = \overline{1, k_i}; t = \overline{1, n_i}; i = \overline{1, N},$$

а после перехода, аналогично от (16) к (18), учитывая, что множество переменных  $q_{ij}$  и  $w_{it}$  для различных значений  $i$  не пересекаются, преобразуется к виду:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^n \ln \left( \max_{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}} \min_{w_{i1}, \dots, w_{in_i}} \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it} \right), \quad (27)$$

при  $\sum_{i=1}^N C_i \leq C_0; \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} = C_i; \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \sum_{t=1}^{n_i} w_{ij} = 1; 0 \leq q_{ij} \leq 1; 0 \leq w_{it} \leq 1; i = \overline{1, N}.$

Как и (18), задача (27) представляет собой задачу распределения ресурсов:

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^N \ln \Psi_i(C_i), \text{ при } C_1 + \dots + C_N = C_0; \quad (28)$$

функции  $\Psi_i(C_i)$  в которой определяются, исходя из решения задачи максимизации ВПП с ПП по завершении  $i$ -го этапа ПЦ:

$$\Psi_i(C_i) = \max_{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}} \min_{w_{i1}, \dots, w_{in_i}} \sum_{j=1}^{k_i} \sum_{t=1}^{n_i} d_{ijt} q_{ij} w_{it}, \quad (29)$$

при  $0 \leq q_{ij} \leq 1; 0 \leq w_{it} \leq 1; \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} = 1; \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} \cdot q_{ij} \leq C_i$ , являющийся задачей отыскания нижней цены матричной игры  $(d_{ijt})_{k_i \times n_i}$ .

Решение задачи (29) в чистых стратегиях, когда в наборах вероятностей  $\{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}\}$  и  $\{w_{i1}, \dots, w_{in_i}\}$  при любом  $i$  одна из величин  $q_{ij}$  и  $w_{it}$  равна единице, а остальные – нулю, заключается в следующем. Сначала для всех  $j = \overline{1, k_i}$  выбирается минимальное по  $t$  значение величины  $d_{ijt}$  из набора  $\{d_{ij1}, \dots, d_{ijn_i}\}$ , достигаемое при  $t_{ij}^{\min}$ , то есть  $d_{ijt_{ij}^{\min}}$ . После этого задача (29) примет аналогичный (20) вид:

$$\Psi_i(C_i) = \max_{q_{i1}, \dots, q_{ik_i}} \sum_{j=1}^{k_i} d_{ijt_{ij}^{\min}} q_{ij}, \quad \text{при } 0 \leq q_{ij} \leq 1; \sum_{j=1}^{k_i} q_{ij} = 1; \sum_{j=1}^{k_i} c_{ij} q_{ij} \leq C_i. \quad (30)$$

Также вводится множество индексов  $j$ , при которых выполняется стоимостное ограничение в (30) при решении этой задачи в чистых стратегиях. Это множество  $J_i(C_i) = \{j \leq k_i; c_{ij} \leq C_i\}$ . Тогда решение задачи (30) в чистых стратегиях будет:

$$\Psi_i(C_i) = \max_{j \in J_i(C_i)} d_{ijt_{ij}^{\min}} \quad (31)$$

После обозначения оптимального индекса  $j$  через  $j_i^{onm}(C_i)$  (31) примет вид:

$$\Psi_i(C_i) = d_{ij_i^{onm}(C_i)t_{ij}^{\min}}; \quad (32)$$

$$(\ln P)_{\max} = \max_{C_1, \dots, C_N} \sum_{i=1}^N d_{ij_i^{onm}(C_i)t_{ij}^{\min}}, \quad \text{при } C_1 + \dots + C_N = C_0. \quad (33)$$

Задача (33) решается аналогично (22) методом динамического программирования с помощью алгоритма Беллмана. Она также является дискретной, и множество значений ограничения  $C_i$  сужается до соответствующего набора удельных амортизационных стоимостей. После применения для решения задачи 30) алгоритма Беллмана решение исходной задачи (16) в чистых стратегиях примет вид:

$$P_{\max} = \prod_{i=1}^N d_{ij_i^{onm}(C_i^{onm})t_{ij}^{\min}}, \quad (34)$$

где  $C_1^{onm}, \dots, C_N^{onm}$  – решение (33);  $d_{ij_i^{onm}(C_i^{onm})t_{ij}^{\min}}$  – решение (29);  $j_i^{onm}(C_i^{onm})$  – оптимальный вариант ИП модернизации  $i$ -го этапа ПЦ с учетом рисков.

**Третий раздел** посвящен практической реализации разработанного методического обеспечения планирования ИПц модернизации ППР при рациональном планировании модернизации производственных мощностей заводов ОАО «ЭЛТЕЗА».

Для каждого из заводов были определены этапы ТЦ, разработаны варианты ИП модернизации и их технико-экономические обоснования, содержащие экспертные оценки их эффективности, в том числе в области повышения качества выпускаемой продукции и обеспечения ее приемки с ПП. В результате применения вышеизложенной методики рационального выбора наиболее эффективного в смысле повышения качества выпускаемой продукции с учетом заданных ограничений на объемы инвестиций и рисков, возникающих при проведении модернизации производственных участков, было установлено, что данные инвестиции целесообразно направить на технологическое перевооружение цеха производства стрелочных приводов Армавирского электромеханического завода, а также на реконструкцию гальванического участка Камышловского электротехнического завода и внедрение на этом заводе технологии высокоскоростного формообразования деталей из листового материала. В разделе приводится качественный и количественный анализ рисков, возникающих при проведении модернизации производственных участков, расчет инвестиционных бюджетов ИП, а также оценки эффективности этих проектов и срока их амортизации.

### **Основные результаты исследования**

В настоящей диссертационной работе проведено актуальное научное исследование, направленное на разработку.

1. Проведен анализ претензий к качеству РЭУ ЖАТ. Он показал, что причинами отказов является 1) несоблюдение технологии производства, 2) использование некачественных комплектующих, 3) недостаточный объем операционного контроля и приемо-сдаточных испытаний, 4) высокая степень износа технологического оборудования (на заводах-филиалах ОАО «ЭЛТЕЗА» – 66%, а основных фондов – более 70%).

2. На основе объективных данных показано, что необходимые для модернизации и внедрения инноваций на заводах ОАО «ЭЛТЕЗА» на всех этапах их технологических циклов инвестиции существенно превышают финансовые возможности.

3. Разработана вероятностно-игровая модель планирования ИПц модернизации ППр, которая с учетом частоты применения для модернизации этапов ПЦ различных вариантов ИП позволяет оценить ВПП с ПП по окончании как всего ПЦ в целом, так и отдельных его этапов. Разработанная модель представляет собой основу для оптимизации использования инвестиционных ресурсов на модернизацию производства путем максимизации ВПП с ПП по окончании ПЦ за счет нейтрализации влияния рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции на каждом этапе ПЦ.

4. Разработана методика экспертной оценки условных ВПП с ПП по окончании каждого этапа ПЦ для различных вариантов ИП и влияния рисков, дестабилизирующих процесс производства продукции на каждом этапе ПЦ, позволяющая оценить эти вероятности с учетом возможностей внедрения различных инноваций и преодоления определяемых их реализацией различных рисков.

5. Разработана методика выбора оптимального ИП (комплекса инновационных элементов и операций), используемых при модернизации ПЦ промышленного предприятия для обеспечения приемки продукции с ПП на всех этапах ПЦ, как с учетом проявления различных возникающих при модернизации рисков, так и при его осреднения. Методика позволяет определить варианты ИП на каждом этапе, при использовании которых гарантируется максимальная ВПП с ПП по завершении ПЦ в целом.

6. С использованием разработанного научно-методического аппарата проведен анализ эффективности инвестиций, направленный на повышение ВПП с ПП с учетом возникающих рисков, который позволил выявить технологические участки, подлежащие модернизации в первую очередь и рациональным образом спланировать их техническое перевооружение.

7. Практическая реализация выбранных проектов инновационной модернизации цеха стрелочных приводов на АЭМЗ, а также гальванического и формовочного участков КЭТЗ, подтверди экономический эффект и сроки окупаемости этих проектов.

### **Публикации по теме исследования**

#### В рецензируемых научных журналах и изданиях

1. Клюзко В.А., Безродный Б.Ф. Вероятностно-игровой подход к планированию инновационного процесса модернизации производственного предприятия // Известия Института инженерной физики. – Серпухов: МНОУ «Институт инженерной физики». – 2010. – № 3 (17). – 84 с. – С. 66 – 69. (соиск. – 55%)

#### Статьи:

2. Клюзко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А., Ятченко Д.В. Вероятностный подход к оценке экономического эффекта инноваций в образовательный процесс / МО РФ Сб. трудов Межведомственной научно-технической конференции «Проблемы обеспечения эффективности и устойчивости функционирования сложных технических систем». – Ростов: РВИ РВ, 2010. – 268 с. – С. 163 – 165. (соиск. – 30%)

3. Клюзко В.А., Безродный Б.Ф., Горелик А.В. и др. Формирование аварийно-восстановительного запаса для систем железнодорожной автоматики и телемеханики с учетом условий эксплуатации / МИИТ – Москва, 2010. – 23 с. – Библиогр.: 7 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 10.12.10. – № 690 – В 2010.

4. Ключко В.А. Вероятностно-игровой подход к планированию инновационного процесса модернизации производства // Надежность и качество. – Том 1. – Пенза, 2010. – 530 с. – С. 455 – 457.

5. Ключко В.А., Михеев Е.А. Оптимальный выбор стратегии менеджмента качества производственного процесса: межвуз. Сб. науч. Тр. / под ред. профессора Н.К. Юркова. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2010/ - Вып. 15. – С. 233-246.

6. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А. Вероятностная модель оценки технических и экономических рисков модернизации производства // Научно-технический сборник. МО РФ. – Серпухов: СВИ РВ, 2011. – 250 с. – С. 68 – 70. (соиск. – 35%)

7. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А. Оптимальный выбор стратегии менеджмента качества производственного процесса // ФАО ГОУ ВПО Пензенский ГУ. Межвузовск. сб. науч. трудов. – Пенза: ПГУ, 2010. – 254 с. – С. 233 – 246. (соиск. – 35%)

8. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А. Оптимизация инновационного процесса модернизации производственного предприятия // Совершенствование систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Сб. науч. трудов кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» МИИТ / Под ред. А.В. Горелика. – М.: МИИТ, 2011. – 106 с. – С. 4 – 13. (соиск. – 35%)

9. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А. Экспертные оценки вероятностей приемки продукции жат // Совершенствование систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Сб. науч. трудов кафедры «Железнодорожная автоматика, телемеханика и связь» МИИТ / Под ред. А.В. Горелика. – М.: МИИТ, 2011. – 106 с. – С. 26 – 38. (соиск. – 35%)

10. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А., Дя А.Э. Реализация подхода к определению вероятностных оценок для нечеткой модели автоматизированной системы мониторинга внутрифирменной подготовки специалистов на основе экспертной оценки / Сб. трудов X Российской научно-технической конференции «Новые информационные технологии в системах связи и управления». – Калуга: КНИИ ТМУ, 2011. –(соиск. – 25%)

11. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А., Дя А.Э. Экспертные оценки при мониторинге внутрифирменной подготовки специалистов / «ИКТ в общем, профессиональном и дополнительном образовании». Уч. записки. – Москва: РАО. ИИО. Вып. 36. (соиск. – 25%)

12. Ключко В.А., Безродный Б.Ф., Михеев Е.А. Вероятностная модель учета инвестиций в образовательный процесс / Сб. трудов Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование». – Серпухов: МОУ «ИИФ», 2011. (соиск. – 25%).