

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.09.2026 10:05:29
Уникальный программный ключ:
3beb265d5d589e7ff4c95494657cd89e1e70ac12

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Строительный институт

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ПО
МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕТОДИКЕ С
МИНИМАЛЬНЫМ РИСКОМ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

методические указания

по выполнению курсовой работы по дисциплине
«Энергообследование оборудования тепловых пунктов»
для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство
программа подготовки Системы теплогазоснабжения
и вентиляции, энергоаудит

очная форма обучения

Составитель М.Н. Чекардовский
доктор технических наук, профессор

Тюмень
ТИУ
2017

Проектный расчет оборудования по модернизированной классической методике с минимальным риском коммерциализации проекта: методические указания по выполнению курсовой работы для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, программа подготовки Системы теплогазоснабжения и вентиляции, энергоаудит, очной формы обучения / составитель: М.Н. Чекардовский – Тюменский индустриальный университет. - 1-е изд. – Тюмень: Издательский центр БИК, ТИУ, 2017. – 28 с.

Ответственный редактор: К.В. Афонин, к.т.н., доцент.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры Теплогазоснабжения и вентиляции «31» августа 2017 года, протокол № 1.

АННОТАЦИЯ

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Энергообследование оборудования тепловых пунктов» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, программа подготовки Системы теплогазоснабжения и вентиляции, энергоаудит, очной формы обучения.

В методических указаниях приведен состав курсовой работы, требования по ее оформлению, порядок разработки, пояснения по выполнению расчетов, исходная информация для выполнения, список рекомендуемой литературы.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1 Порядок защиты курсовой работы, критерии оценки	4
2 Состав курсовой работы	6
3 Экспериментальные исследования эксплуатируемых теплообменных аппаратов	6
3.1 Исследования аппаратов тепловых пунктов	6
3.2 Методы контроля режимов работы эксплуатируемых теплообменных аппаратов	17
Количественный анализ рисков	20
Библиографический список	27

ВВЕДЕНИЕ

Расчет оборудования теплообменных пунктов следует производить в соответствии с требованиями [5], стандартов, технических условий и инструкций заводов - изготовителей оборудования.

При расчетах оборудования в целом можно воспользоваться данными [1, 2, 3, 4, 5].

Курсовая работа по расчету оборудования теплообменных пунктов имеет целью расширить и закрепить знания обучающихся по дисциплине «Энергообследование оборудования тепловых пунктов», а также является одним из элементов подготовки обучающихся к практической деятельности во время прохождения производственной практики.

В результате выполнения курсовой работы, обучающиеся должны применить полученные знания при разработке рациональных решений на производство работ по проектированию и исследованию оборудования тепловых пунктов.

Курсовая работа «Проектный расчет оборудования по модернизированной классической методике с минимальным риском коммерциализации проекта» выполняется на основе лекционных и практических занятий по дисциплине «Энергообследование оборудования тепловых пунктов».

1 ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОЙ РАБОТЫ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Подведение итогов курсовой работы включает следующие этапы: сдачу курсовой работы на проверку руководителю; доработку курсовой работы с учетом замечаний руководителя; сдачу готовой работы на защиту; защиту курсовой работы.

Срок сдачи работы на проверку руководителю определяется заданием.

Срок доработки работы, если в этом есть необходимость, устанавливается руководителем с учетом времени на устранение замечаний.

Готовая работа подписывается обучающимся на титульном листе и представляется на защиту.

Курсовая работа, удовлетворяющая предъявленным требованиям, допускается руководителем к защите, что удостоверяется его подписью на титульном листе.

Оценка курсовой работы производится с учетом качества работы, обоснованности и оригинальности решения задач расчетов, соблюдения требований к оформлению пояснительной записки, содержания доклада при защите работы, ответов на вопросы и замечания.

Критерии оценки: работа оценивается по пятибалльной системе:

«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично (91-100 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, последовательно, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы;
- графическая часть выполнена в полном объеме с соблюдением требований ГОСТ;
- защита курсовой работы проведена технически грамотно, охватывает все разделы работы;
- ответы на все поставленные вопросы верные, обоснованные и четкие.

Хорошо (76-90 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, но имеются некоторые замечания;
- графическая часть выполнена с незначительными отступлениями от стандартов;
- при защите курсовой работы доклад обучающегося краток, строен, но допущены неточности в определениях и специальной терминологии;
- ответы на все поставленные вопросы верны, обоснованы, но на некоторые из них даны ответы после наводящих вопросов.

Удовлетворительно (61-75 баллов):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка составлена с учетом требований стандартов по составлению текстовых документов, аккуратно, содержит все необходимые разделы, приведенные расчеты верны и обоснованы, записка составлена непоследовательно, с ошибками;
- графическая часть выполнена с отклонениями от требований ГОСТ;
- доклад обучающегося сбивчив, непоследователен;
- на 30-40 % вопросов даны неправильные ответы.

Неудовлетворительно (меньше 61 балла):

- курсовая работа выполнена в полном объеме и соответствует заданию;
- пояснительная записка содержит необходимые разделы, но состав-

лена непоследовательно, с ошибками, без учета требований стандартов по составлению текстовых документов;

- доклад обучающегося непоследователен, сбивчив, без выделения ключевых моментов;

- нет ответов на 50 % и более поставленных вопросов;

Обучающимся, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе, предоставляется право выбора нового варианта курсовой работы или, по решению преподавателя, доработки прежней темы и определяется новый срок для его выполнения.

2 СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Расчетно-пояснительная записка включает в себя разделы:

Введение.

1 Порядок защиты курсовой работы, с описанием критериев оценки.

2 Состав курсовой работы, содержащий основные разделы.

3 Экспериментальные исследования эксплуатируемых аппаратов, включающие:

- исследования аппаратов тепловых пунктов;

- методы контроля режимов работы эксплуатируемых теплообменных аппаратов.

4 Количественный анализ рисков.

Библиографический список.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

3.1 Исследования аппаратов тепловых пунктов

С целью практического подтверждения достоверности методик и алгоритмов, разработанных в диссертационной работе, был проведен эксперимент.

База эксперимента - тепловой пункт спортивного комплекса Тюменского индустриального университета.

Автоматизированный тепловой пункт состоит из: трубопроводов; запорной и регулирующей арматуры; арматуры для защиты трубопроводов при различных гидравлических режимах (рисунок 3.1); пластинчатых теплообменников производства фирмы «Функе-Тюмень» (рисунок 3.2); приборов, датчиков для средств местного и дистанционного измерения параметров: теплосчетчик ТЭМ-104, работающий с поверенным первичным преобразователем расхода РРП-Ду-80 (рисунок 3.3); Ру-2,5 Мпа; термодатчики ТСПА (рисунок 3.4); манометры избыточного давления и термометры сопротивления (рисунок 3.5).



Рисунок 3.1 - Трубопроводы, запорная и регулирующая арматура



Рисунок 3.2 - Теплообменники производства фирмы «Функе - Тюмень»



Рисунок 3.3 - Тепловой счетчик ТЭМ-104 с преобразователем расхода ПРП-Ду-80



Рисунок - 3.4 Термодатчик ТСПА-К/PL/Pt100/B1.3850/4/0+160°C



Рисунок - 3.5 Показывающие манометры избыточного давления и термометры

Для поддержания необходимого перепада давления используются регуляторы давления.

Регулятор расхода предназначен для стабилизации расхода сетевой воды через систему отопления по перепаду давлений в подающем и обратном трубопроводе.

Для удобства эксплуатации и снижения потерь давления в системе теплоснабжения устанавливаются шаровые краны.

Принцип действия автоматизированных тепловых пунктов основан: -

- на поддержании заданного перепада давления, необходимого для нормальной работы системы отопления и горячего водоснабжения;
- на обеспечении циркуляции теплоносителя; поддержании требуемой температуры теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления по заданной программе в зависимости от температуры наружного воздуха и внутри помещений.

Для регулирования заданной температуры на горячее водоснабжение используются регуляторы температуры горячего водоснабжения. Регулирование горячего водоснабжения производится смешением воды из подающей и обратной линии.

В здании горячая вода нагревается теплоносителем прямо в тепловом пункте здания. Функцию нагрева выполняют пластинчатые теплообменники. От эффективности их работы и правильности схемы разводки горячей воды по зданию очень сильно зависит себестоимость получаемой таким образом горячей воды.

Эффективный пластинчатый теплообменник, снабженный регулятором температуры горячей воды, производит более дешевую горячую воду, чем старый трубчатый без регулятора.

Регулятор расхода стабилизирует расход сетевой воды через систему отопления по перепаду давлений в подающем и обратном трубопроводе. В качестве регуляторов прямого действия применяются регуляторы РР. В качестве регулятора непрямого действия применяется регулирующий прибор РД-ЗА в комплекте с клапанами РК-1.

Функции управления циркуляционными насосами горячего водоснабжения сводятся к их автоматическому включению при снижении разбора горячей воды и отключению при увеличении водоразбора, осуществляется также дистанционное или местное управление насосами и автоматическое включение резервного насоса при аварийном отключении работающего. При проведении экспериментальных исследований использовались штатные и дополнительные средства измерений.

Расходомер-счетчик ультразвуковой портативный УРСВ «ВЗЛЕТ ПР», ЗАО «ВЗЛЕТ», г. Санкт-Петербург представлен на рисунке 2.6.

Прибор предназначен для измерения среднего объемного расхода акустически проводящих жидкостей в напорных трубопроводах в различных условиях эксплуатации.



Рисунок 3.6 - Расходомер-счетчик с датчиками

Расходомер выполняет измерения при постоянном и переменном направлении движения жидкости в трубопроводе. Расходомер может производить расчет значений тепловой энергии и тепловой мощности [15].

По принципу работы расходомер относится к время-импульсным ультразвуковым расходомерам, работа которых основана на измерении разности времени прохождения коротких ультразвуковых сигналов (УЗС) по направлению и против тока жидкости в трубопроводе.

Возбуждение и прием УЗС производится преобразователями электроакустическими, установленными на измерительный участок трубопровода.

Точная и надежная работа расходомера обеспечивалась при выполнении следующих условий:

- давление жидкости в трубопроводе и режимы его эксплуатации должны исключать воздушные пробки;
- перед первым по потоку жидкости преобразователем электроакустическим (ПЭА) и за последним ПЭА должны быть обеспечены прямолинейные участки необходимой длины, оговоренной в инструкции по монтажу.

На прямолинейных участках не должно быть, никаких устройств или элементов, вызывающих искажение осевой симметрии скорости потока жидкости.

Расстояние от электрических кабелей с напряжением 220 В и более до кабелей связи ПЭА должно быть не менее 0,3 м.

Для установки ПР на объекте выбирался свободный участок требуемой длины на трубопроводе для разметки и установки ПЭА.

Требования к монтажу:

- в месте установки ПЭА отклонение внутреннего диаметра трубопровода от среднего внутреннего диаметра трубопровода не более 0,015мм;
- на трубопроводе не должно быть швов, вмятин и других повреждений;
- давление жидкости и режимы эксплуатации трубопровода исключали бы газообразование;
- ПЭА не располагаются в самой высокой точке трубопровода;
- трубопровод в процессе измерения всегда заполнен водой.

Длины прямолинейных участков трубопровода до первого и после второго ПЭА в зависимости от типа местного сопротивления должны соответствовать значениям, указанным в приложении А [15].

При невозможности обеспечить длины прямолинейных участков в соответствии с условиями, указанными выше, проводится исследование узла учета в соответствии с методикой, изложенной в документе «Инструкция. ГСИ. Расход и объем жидкости в напорных трубопроводах.

Методика выполнения измерений расходомером ультразвуковым

«ВЗЛЕТ РС» (УРСВ-010М) расходов в трубопроводах с короткими прямолинейными участками» В35.30-00.00МВИ2.

Толщиномер ультразвуковой «ВЗЛЕТ УТ», ЗАО «ВЗЛЕТ», г. Санкт-Петербург, предназначен для измерения толщины изделий из металлических и неметаллических материалов [16].

Монтаж, настройка приборов и измерения проводились в полном соответствии с руководствами по монтажу и по эксплуатации [15, 16].

Исходные данные для расчета по разным методикам эксплуатационных режимов работы аппарата FP-14-73-1 (фирма-изготовитель «Функе-Тюмень») приведены в таблице 3.1, при различной теплопроизводительности.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета режимов работы ПТА

N _{п/п}	Параметр	Методы						
		Функе-Тюмень	СП-41-101-95	Модерн. СП-41-101-95	Классический	Модернизированный классический		
						режим работы		
						100%	50%	25%
1	Q, кВт	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	300	140,29
2	M ₁ , т/ч	8,83	8,83	8,83	8,83	8,83	4,53	5,48
3	M ₂ , т/ч	25,23	25,23	25,23	25,23	25,23	11,25	20,1
4	t ₁ , °C	120	120	120	120	120	110	60
5	t ₂ , °C	63	63	63	63	63	53	38
6	τ ₁ , °C	60	60	60	60	60	50	37
7	τ ₂ , °C	80	80	80	80	80	73	43
8	ΔP ₁ , Па	6867	6867	6867	6867	6867	2334	3690
9	ΔP ₂ , Па	31209	31209	31209	31209	31209	7278	21550
10	K ₃ , Вт/м ² °C	-	-	-	3890	-	-	-
11	ζ ₁	-	-	-	1,579	-	-	-
12	d ₃₁ /d ₃₂ , м/м	0,0031 / 0,00525						
13	B ₁ /B ₂	10,57 / 14,96						
14	δ _{ст} /λ _{ст} м ² °C/Вт	0,0004 / 15						
15	f ₀₁ /f ₀₂ , м ² /м ²	0,00029 / 0,00045						
16	F ₁ =F ₂ , м ²	0,14						
17	L _{пр1} /L _{пр1} м/м	0,587 / 0,8						
18	γ	0,89						
19	C ₁ =C ₂	0,116						

В таблице 3.2 представлены результаты теплового расчета номинального и эксплуатационных режимов работы аппарата FP-14-73-1.

Таблица 3.2

Результаты расчета

N _{п/п}	Параметр	методы						
		Функе-Тюмень	СП-41-101-95	модерн. СП-41-101-95	классический	модернизированный классический		
						режим работы		
1	$\Theta_m, ^\circ\text{C}$	14,28	14,28	14,28	14,28	14,28	13,53	5,647
2	$\omega_1, \text{м/с}$	0,22	0,386	0,2201	0,205	0,221	0,117	0,137
3	Re_1	-	-	-	2005	2149,5	2054	1465
4	ζ_1	-	-	-	1,5795	1,552	1,869	2,03
5	Nu_1	-	-	-	32,96	40,22	49,32	48,13
6	$\alpha_1, \text{Вт/м}^2\text{}^\circ\text{C}$	8813	9286	8816	7156,5	8733	5304	4950
7	$\omega_2, \text{м/с}$	0,5	1,102	0,5	0,467	0,501	0,221	0,3375
8	Re_2	-	-	-	5986	6414,1	5015	5628
9	ζ_2	-	-	-	1,7	1,672	2,12	2,06
10	Nu_2	-	-	-	87,85	107,2	114,3	146,06
11	$\alpha_2, \text{Вт/м}^2\text{}^\circ\text{C}$	13592	18199	13857	11009	13431	7050	8693
12	$K_{\text{чис}}/K_{\text{заг}}, \text{Вт/м}^2\text{}^\circ\text{C}$	$\frac{4679}{4121}$	$\frac{5283}{4226}$	$\frac{4680}{4122}$	$\frac{3887}{3304}$	$\frac{4637}{4090}$	$\frac{2801}{2366}$	$\frac{2909}{2481}$
13	$F_{\text{чис}}/F_{\text{заг}}, \text{м}^2/\text{м}^2$	$\frac{-}{9,94}$	$\frac{7,76}{9,7}$	$\frac{8,75}{9,94}$	$\frac{10,54}{12,4}$	$\frac{8,8}{10}$	$\frac{7,92}{9,37}$	$\frac{8,54}{10}$
14	R	0,762	0,762	0,762	0,762	0,762	0,741	0,754
15	ε	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,956
16	NTU	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,99	3,88

Согласно модернизированной программе расчета необходимо получить результаты теплового, конструкторского и гидравлического расчета режимов работы пластинчатых теплообменных аппаратов (ПТА), представленные в таблицах 3.3 ÷ 3.5.

В результате анализа результатов расчета таблицы 3.2 и таблиц 3.3 ÷ 3.5 определить:

- погрешность расчета по средней скорости теплоносителей, полученных по программе фирмы «Функе-Тюмень» и по классической программе расчета проектного режима теплообменника FP-14-73-1, а также по программе расчета по СП-41-101-95;

- погрешность расчета по программе модернизированного классического расчета и модернизированному алгоритму СП-41-101-95 в сравнении

с программой «Функе-Тюмень».

Таблица 3.3

Результаты экспериментальных исследований ФР-14-73-1
при номинальной теплопроизводительности (100%)

Исходные данные:		Ед.изм		Тепловой расчёт:			
Обозн	Величина						
Q	585200	Вт		1	$t_b=$		°C
M ₁	8,83	т/час		2	$\rho_1=$		кг/м ³
M ₂	25,23	т/час		3	$\nu_1=$		м ² /с
t ₁	120	°C		4	$\lambda_1=$		Вт/(м·°C)
t ₂	63	°C		5	$C_{p1}=$		Дж/(кг·°C)
$\square_1$	60	°C		6	$Pr_1=$		
$\square_2$	80	°C		7	$\tau_b=$		°C
ΔH_1	6867	Па		8	$\rho_2=$		кг/м ³
ΔH_2	31209	Па		9	$\nu_2=$		м ² /с
Δt	57	°C		10	$\lambda_2=$		Вт/(м·°C)
Δt	20	°C		11	$C_{p2}=$		Дж/(кг·°C)
d ₃	0,0031	м	0,00525	12	$Pr_2=$		
B	10,57	-	14,96	13	$Pr_{ct}=$		
$\square$	1	-		14			
$\square$	0,0004	м		15	$\theta_m=$		°C
λ_{ct}	15	Вт/(м·°C)		16	$\omega_1=$		м/с
f	0,00029	м ²	0,00045	17	$Re_1=$		
F ₁	0,14	м ²		18	$\xi_1=$		
F ₂	0,14	м ²		19	$Nu_1=$		
L _{пр}	0,587	м	0,8	20	$\alpha_1=$		Вт/(м ² ·°C)
$\xi_{шт}$	1,5			21	$\omega_2=$		м/с
D _y	0,075	м		22	$Re_2=$		
				23	$\xi_2=$		
				24	$Nu_2=$		
Дополнительные исходные данные:				25	$\alpha_2=$		Вт/(м ² ·°C)
$\Delta H_1/\Delta H_2=$	0,6690531			26	K=		Вт/(м ² ·°C)
$B_2/B_1=$	1,0965931			27	F=		м ²
$M_1/M_2=$	0,7567711			28	$K_{факт}=$		Вт/(м ² ·°C)
$\rho_2/\rho_1=$	1,006952			29	$F_{факт}=$		м ²
$Pr_1/Pr_2=$	0,8335039						
$d_{23}/d_{13}=$	1,1132256			Конструкторский расчёт:			
$\nu_2/\nu_1=$	1,2249725			1	$f_1=$		м ²
$\lambda_1/\lambda_2=$	1,0232353			2	$f_2=$		м ²
				3	$m_1=$		40
				4	$m_2=$		32
				5	$n_1=$		
				6	$n_2=$		
				7	$X_1=$		1
				8	$X_2=$		1
				9	$N_a=$		73

Гидравлический расчёт:							
				1	$\Delta H_{1p}=$		Па
				2	$\Delta H_{2p}=$		Па
				3	$\omega_{шт1}=$		м/с
				4	$\omega_{шт2}=$		м/с
				5	$\Delta H_{шт1}=$		Па
				6	$\Delta H_{шт2}=$		Па
				7	$\Delta H_{a1}=$		Па
				8	$\Delta H_{a2}=$		Па

Таблица 3.4

Результаты экспериментальных исследований ФР-14-73-1
при 50% от номинальной теплопроизводительности

Исходные данные			Тепловой расчёт				
Обозн	Величина	Ед.изм					
Q	305184	Вт	1	$t_b=$			°C
M ₁	6,08	т/час	2	$\rho_1=$			кг/м ³
M ₂	19,95	т/час	3	$v_1=$			м ² /с
t ₁	89	°C	4	$\lambda_1=$			Вт/(м·°C)
t ₂	46	°C	5	$C_{p1}=$			Дж/(кг·°C)
τ_1	44	°C	6	$Pr_1=$			
τ_2	57	°C	7	$\tau_b=$			°C
ΔH_1	3700	Па	8	$\rho_2=$			кг/м ³
ΔH_2	21233	Па	9	$v_2=$			м ² /с
Δt	43	°C	10	$\lambda_2=$			Вт/(м·°C)
Δt	13	°C	11	$C_{p2}=$			Дж/(кг·°C)
d ₃	0,0031	м	12	$Pr_2=$			
B	10,57	-	13	$Pr_{ст}=$			
β	1	-	14				
δ	0,0004	м	15	$\theta_m=$			°C
$\lambda_{ст}$	15	Вт/(м·°C)	16	$\omega_1=$			м/с
f	0,00029	м ²	17	$Re_1=$			
F ₁	0,14	м ²	18	$\xi_1=$			
F ₂	0,14	м ²	19	$Nu_1=$			
L _{пр}	0,587	м	20	$\alpha_1=$			Вт/(м ² ·°C)
$\xi_{шт}$	1,5		21	$\omega_2=$			м/с
D _y	0,072	м	22	$Re_2=$			
			23	$\xi_2=$			
			24	$Nu_2=$			
Дополнительные исходные данные:			25	$\alpha_2=$			Вт/(м ² ·°C)
$\Delta H_1/\Delta H_2=$	0,628885		26	K=			Вт/(м ² ·°C)
$B_2/B_1=$	1,096593		27	F=			м ²
$M_1/M_2=$	0,729483		28	$K_{факт}=$			Вт/(м ² ·°C)
$\rho_2/\rho_1=$	1,004422		29	$F_{факт}=$			м ²
$Pr_1/Pr_2=$	0,827469						
$d_{23}/d_{13}=$	1,113226		Конструкторский расчёт:				

$v_2/v_1=$	1,251646			1	$f_1=$		m^2
$\lambda_1/\lambda_2=$	1,02585			2	$f_2=$		m^2
				3	$m_1=$		40
				4	$m_2=$		32
				5	$n_1=$		
				6	$n_2=$		
				7	$X_1=$		1
				8	$X_2=$		1
				9	$N_a=$		73
				Гидравлический расчёт:			
				1	$\Delta H_{1p}=$		Па
				2	$\Delta H_{2p}=$		Па
				3	$S_1=$		$Па \cdot c^2/m^6$
				4	$S_2=$		$Па \cdot c^2/m^6$
				5	$\omega_{шт1}=$		м/с
				6	$\omega_{шт2}=$		м/с
				7	$\Delta H_{шт1}=$		Па
				8	$\Delta H_{шт2}=$		Па
				9	$\Delta H_{a1}=$		Па
				10	$\Delta H_{a2}=$		Па

Таблица 3.5

Результаты экспериментальных исследований FP-14-73-1
при 25% от номинальной теплопроизводительности

Исходные данные:						
Обозн	Величина	Ед.изм		Тепловой расчёт:		
Q	139929	Вт		1	$t_b=$	$^{\circ}C$
M_1	5,58	т/час		2	$\rho_1=$	$кг/м^3$
M_2	19,7	т/час		3	$v_1=$	$м^2/с$
t_1	60	$^{\circ}C$		4	$\lambda_1=$	$Вт/(м \cdot ^{\circ}C)$
t_2	38	$^{\circ}C$		5	$C_{p1}=$	$Дж/(кг \cdot ^{\circ}C)$
τ_1	37	$^{\circ}C$		6	$Pr_1=$	
τ_2	43	$^{\circ}C$		7	$\tau_b \square$	$^{\circ}C$
ΔH_1	3550	Па		8	$\rho_2=$	$кг/м^3$
ΔH_2	23100	Па		9	$v_2=$	$м^2/с$
Δt	22	$^{\circ}C$		10	$\lambda_2=$	$Вт/(м \cdot ^{\circ}C)$
Δt	6	$^{\circ}C$		11	$C_{p2}=$	$Дж/(кг \cdot ^{\circ}C)$
d_3	0,0031	м	0,00525	12	$Pr_2=$	
B	10,57	-	14,96	13	$Pr_{ст}=$	
β	1	-		14	142954,96	= 137582,2
δ	0,0004	м		15	$\theta_m=$	$^{\circ}C$
$\lambda_{ст}$	15	$Вт/(м \cdot ^{\circ}C)$		16	$\omega_1=$	м/с
f	0,00029	$м^2$	0,00045	17	$Re_1=$	
F_1	0,14	$м^2$		18	$\xi_1=$	
F_2	0,14	$м^2$		19	$Nu_1=$	
$L_{пр}$	0,587	м	0,8	20	$\alpha_1=$	$Вт/(м^2 \cdot ^{\circ}C)$

$\xi_{шт}$	1,5			21	$\omega_2=$		м/с
D_y	0,072	м		22	$Re_2=$		
				23	$\xi_2=$		
				24	$Nu_2=$		
Дополнительные исходные данные:				25	$\alpha_2=$		Вт/(м ² ·°С)
$\Delta H_1/\Delta H_2=$	0,608253			26	$K=$		Вт/(м·°С)
$B_2/B_1=$	1,096593			27	$F=$		м ²
$M_1/M_2=$	0,715444			28	$K_{факт}=$		Вт/(м ² ·°С)
$\rho_2/\rho_1=$	1,001972			29	$F_{факт}=$		м ²
$Pr_1/Pr_2=$	0,880293						
$d_{2э}/d_{1э}=$	1,113226			Конструкторский расчёт:			
$v_2/v_1=$	1,171947			1	$f_1=$		м ²
$\lambda_1/\lambda_2=$	1,016442			2	$f_2=$		м ²
				3	$m_1=$		40
				4	$m_2=$		32
				5	$n_1=$		
				6	$n_2=$		
				7	$X_1=$		1
				8	$X_2=$		1
				9	$N_a=$		73
				1	$\Delta H_{1p}=$		Па
				2	$\Delta H_{2p}=$		Па
				3	$S_1=$		Па·с ² /м ⁶
				4	$S_2=$		Па·с ² /м ⁶
				5	$\omega_{шт1}=$		м/с
				6	$\omega_{шт2}=$		м/с
				7	$\Delta H_{шт1}=$		Па
				8	$\Delta H_{шт2}=$		Па
				9	$\Delta H_{a1}=$		Па
				10	$\Delta H_{a2}=$		Па

3.2 Методы контроля режимов работы эксплуатируемых теплообменных аппаратов

При эксплуатации пластинчатых теплообменных аппаратов системы теплоснабжения и ГВС исходными данными являются параметры, регистрируемые штатной аппаратурой: t_1 и t_2 - температуры входа и выхода греющего теплоносителя (ГТ), °С; τ_1 и τ_2 - температуры входа и выхода нагреваемого теплоносителя (НТ), °С; P_{11} и P_{12} , - избыточное давление ГТ на входе и выходе аппарата, Па; P_{21} и P_{22} - избыточное давление по НТ, Па; технические характеристики пластин (таблица 3.6).

Таблица 3.6

Технические характеристики пластин

Показатель	Обозн	Разм	Тип пластины			
			FP-14	0,3	05Пр	0,6
Толщина пластины	$\delta_{ст}$	м	0,0004	0,001	0,001	0,001
Поверхность теплообмена пластины	F_1	m^2	0,14	0,3	0,6	0,5
	F_2	m^2	0,14	0,3	0,6	0,5
Эквивалентный диаметр канала	$d_{1э}$	м	0,0031	0,008	0,00825	0,0096
	$d_{1э}$	м	0,00525	0,008	0,00825	0,0096
Площадь поперечного сечения канала	f_{01}	m^2	0,00029	0,0011	0,00245	0,003
	f_{02}	m^2	0,00045	0,0011	0,00245	0,003
Диаметр условного прохода штуцера	D_y	м	0,075	0,065	0,2	0,2
Ширина канала	b_1	м	0,239	0,25	0,545	570
	b_2	м	0,176	0,25	0,545	570
Зазор в канале	t_1	м	0,00155	0,004	0,0045	0,00525
	t_2	м	0,00263	0,004	0,0045	0,00525
Приведённая длина канала	$L_{1пр}$	м	0,5869	1,12	1,01	0,836
	$L_{2пр}$	м	0,796	1,12	1,01	0,836
Эмпирический коэффициент	B_1	-	10,57	19,3	15	28,8
	B_2	-	14,874	19,3	15	28,8
	C	-	0,116	0,1		
Коэффициент гидравл. сопр. штуцера	$\zeta_{шт}$	-	1,5	1,5		
Коэффициент теплопроводности стенки пластины	$\lambda_{ст}$	$\frac{Вт}{м \cdot K}$	15	16,3		

Дополнительной аппаратурой являются: расходомер-счетчик ультразвуковой портативный для измерения расходов греющего теплоносителя M_1 , т/ч, и нагреваемого теплоносителя, M_2 , т/ч; толщиномер ультразвуковой для измерения толщины стенки трубопровода в местах установки ПЭА; пирометр для измерения температуры стенки трубы в месте установки термодатчика.

Для контроля режимов работы эксплуатируемых теплообменных аппаратов можно использовать разные варианты методов.

Вариант 1. Используется метод поверочного расчёта пластинчатых теплообменников, который позволяет определять параметры теплового расчета.

Вариант 2. Усовершенствованный метод поверочного расчёта включает в себя следующий порядок расчёта:

1. Средние температуры:

- греющего теплоносителя (ГТ) $t_b = (t_1 + t_2)/2$,

- нагреваемого теплоносителя (НТ) $\tau_b = (\tau_2 + \tau_1)/2$.

2. Теплофизические характеристики теплоносителей определяются по формулам теплового расчета.

3. Проверяется достоверность исходных данных по уравнению:

$$Q = \frac{M_1 \cdot C_{p1}(t_1 - t_2)}{3,6} = \frac{M_2 \cdot C_{p2}(\tau_2 - \tau_1)}{3,6} \quad (3.1)$$

4. Среднелогарифмическая температура теплоносителей [2], °C:

- противоток

$$\Theta_m = \frac{(t_1 - \tau_2) - (t_2 - \tau_1)}{\ln \frac{t_1 - \tau_2}{t_2 - \tau_1}}; \quad (3.2)$$

- (противоток + прямоток)

$$\Theta_m = 0,94 \cdot \frac{(t_1 - \tau_2) - (t_2 - \tau_1)}{\ln \frac{t_1 - \tau_2}{t_2 - \tau_1}} \quad (3.3)$$

5. Средняя скорость теплоносителей, м/с:

$$w_1 = \frac{M_1 \cdot X_1}{3,6 \cdot \rho_1 \cdot f_1}; \quad w_2 = \frac{M_2 \cdot X_2}{3,6 \cdot \rho_2 \cdot f_2} \quad (3.4)$$

6. Коэффициент теплопередачи ПТА, Вт/(м²·°C):

$$K = \frac{w_1 \cdot C_{p1}(t_1 - t_2) \cdot \rho_1 \cdot d_{s1}}{4 \cdot \Theta_m \cdot L_{np1} \cdot x_1} \quad (3.5)$$

7. Соотношение $\left(\frac{K}{\xi_1}\right), \left(\frac{K}{\xi_2}\right)$ по формулам, Вт/(м²·°C):

$$\frac{K}{\xi_1} = \frac{w_1^3 \cdot C_{p1} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \rho_1^2}{8 \cdot \Delta H_1 \cdot \Theta_m}; \quad \frac{K}{\xi_2} = \frac{w_2^3 \cdot C_{p2} \cdot (\tau_2 - \tau_1) \cdot \rho_2^2}{8 \cdot \Theta_m \cdot \Delta H_2} \quad (3.6)$$

8. Общий коэффициент гидравлического сопротивления:

$$\xi_1 = \frac{K}{(K / \xi_1)}; \quad \xi_2 = \frac{K}{(K / \xi_2)} \quad (3.7)$$

9. Требуемая площадь теплообмена аппарата, м²:

$$F_{mp} = \frac{Q}{K \cdot \Theta_m} \quad (3.8)$$

10. Фактическая (паспортная) поверхность теплообмена (F_d): не всегда совпадает с требуемой поверхностью (F_{mp}). Поэтому по значению (F_d) выполнялось уточнение (K_o) по уравнению теплопередачи из формулы:

$$K_{\phi} = \frac{Q}{F_a \cdot \Theta_m}, \text{ м}^2 \quad (3.9)$$

11. Потери давления теплоносителей, Па:

- в аппарате:

$$\Delta P_1 = \xi_1 \cdot \frac{L_{np}}{d_9} \cdot \rho_1 \cdot \frac{w_1^2}{2} \cdot X_1; \quad \Delta P_2 = \xi_2 \cdot \frac{L_{np}}{d_9} \cdot \rho_2 \cdot \frac{w_2^2}{2} \cdot X_2 \quad (3.10)$$

- в штуцере:

$$\Delta P_{um.1} = \xi_{um} \cdot \frac{w_{um.1}^2}{2} \cdot \rho_1; \quad \Delta P_{um.2} = \xi_{um} \cdot \frac{w_{um.2}^2}{2} \cdot \rho_2 \quad (3.11)$$

где скорость течения воды в штуцере, м/с:

$$w_{um.1} = \frac{4M_1}{3,6 \cdot \pi \cdot D_y^2 \cdot \rho_1}; \quad w_{um.2} = \frac{4M_2}{3,6 \cdot \pi \cdot D_y^2 \cdot \rho_2} \quad (3.12)$$

- суммарные потери давления в аппарате, Па:

$$\Delta P_{a.1} = \Delta P_1 + 2\Delta P_{um.1}, \Delta P_{a.2} = \Delta P_2 + 2\Delta P_{um.2}. \quad (3.13)$$

Вариант 3. Использовался алгоритм Варианта 2, но для расчета средней скорости горячего теплоносителя использовалась формула, вывод которой представлен в [7, 13], м/с :

$$w_1 = \sqrt[1,75]{\frac{2 \cdot \delta P_{\Sigma} \cdot P_{11} \cdot d_{11}^{1,25}}{\left[1 + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_1}{\rho_2}\right)^{0,75} \cdot \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{1,75} \cdot \left(\frac{x_2}{x_1}\right)^{2,75} \cdot \frac{P_{11}}{P_{12}}\right] \cdot B \cdot v_1^{0,25} \cdot \rho_1 \cdot L_{np} \cdot x_1}} \quad (3.14)$$

где $\delta P_{\Sigma} = \frac{\Delta P_1}{P_{11}} + \frac{\Delta P_2}{P_{12}}$ - относительные потери давления при движе-

нии ГТ с давлением P_{11} на входе и P_{12} на выходе ПТА, и при движении НТ с давлением P_{21} на входе и P_{22} на выходе ПТА;

$$\Delta P_1 = P_{11} - P_{12}; \quad \Delta P_2 = P_{21} - P_{22}. \quad (3.15)$$

Вариант 4. Модернизированные методы, которые использовались для контроля режимов работы эксплуатируемых пластинчатых теплообменных аппаратов.

4 КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ РИСКОВ

Количественный анализ рисков необходим для того, чтобы оценить, каким образом наиболее значимые рисковые факторы могут повлиять на показатели эффективности инвестиционного проекта.

Анализ позволяет выяснить, например, приведет ли небольшое изменение объема реализации к значительной потере прибыли или же проект будет выгоден даже при реализации 40% от запланированного объема продаж теплообменных аппаратов (ТА).

Существует несколько основных методик проведения подобного анализа: анализ влияния отдельных факторов (анализ чувствительности), анализ влияния комплекса факторов (сценарный анализ) и имитационное моделирование (метод Монте-Карло). Рассмотрим каждый из них подробнее, используя показатели нашего примера.

Анализ чувствительности. Это стандартный метод количественного анализа, который заключается в изменении значений критических параметров (в нашем случае физического объема продаж, себестоимости и цены реализации), подстановке их в финансовую модель проекта и расчете показателей эффективности проекта при каждом таком изменении.

Анализ чувствительности можно реализовать с помощью как специализированных программных пакетов (Project Expert, «Альт-Инвест»), так и программы Excel. Расчеты для анализа удобнее всего представить в виде таблицы 4.1.

Таблица 4.1

Изменение показателей эффективности проекта (по состоянию на последний этап проекта) в зависимости от изменения цены реализации продукции (абсолютной и относительной)

Показатели эффективности	Фактор-изменение цены реализации (в % от запланированного уровня)									
	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%
NPV, тыс.долл.США	-1150	-531	64	641	1206	1765	2314	2857	3390	3923
	-165%	-130%	-96%	-32%	-64%	0%	31%	62%	92%	122%
IRR (внутр. норма доходности), %	5	12	19	25	31	36	42	47	52	56
PB (срок окупаемости), лет	6,17	5,33	4,92	4,33	4,33	3,92	3,92	3,42	3,33	3,33
CPB (дисконтированный срок окупаемости), лет	Не окупается	Не окупается	6,50	5,92	5,33	4,92	4,33	4,33	3,92	3,92

Такой расчет проводится для всех критических факторов проекта. Степень их воздействия на итоговую эффективность проекта (в данном случае на NPV) удобнее показать на графике (рисунок 4.1).

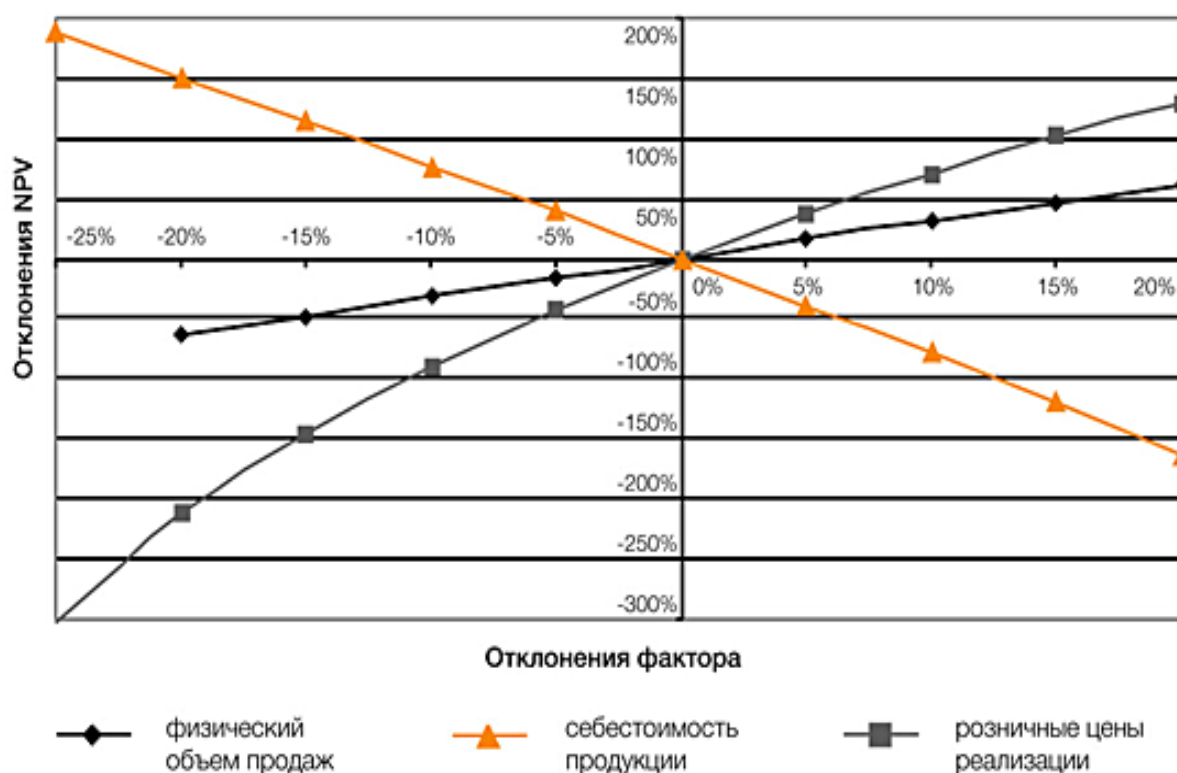


Рисунок 4.1 – Чувствительность показателя NPV к изменениям ключевых факторов проекта

Таким образом, на результат рассматриваемого проекта сильнее всего влияют цена реализации, затем себестоимость продукции и, наконец, физический объем продаж.

Несмотря на то, что цена реализации оказывает большое влияние на NPV, вероятность ее колебания может быть очень низкой, следовательно, изменения этого фактора будут представлять незначительный риск. Для определения этой вероятности используется так называемое «дерево вероятностей».

Сначала на основе экспертных мнений определяется вероятность первого уровня — вероятность того, что реальная цена изменится, то есть станет больше, меньше или равна плановой (*в нашем случае* эти вероятности равны 30, 30 и 40%), а затем вероятность второго уровня — вероятность отклонения на определенную величину.

В нашем примере ход рассуждений следующий: если цена все же окажется меньше плановой, то с вероятностью 60% отклонение будет не более -10%, с вероятностью 30% — от -10 до -20% и с вероятностью 10% — от -20 до -30%. Аналогичным образом анализируются отклонения в положительную сторону. Отклонения более 30% в любую сторону эксперты посчитали невозможными.

Итоговая вероятность отклонения цены реализации от планового значения вычисляется путем перемножения вероятностей первого и второ-

го уровней, поэтому итоговая вероятность снижения цены на 20% довольно мала - 9% (таблица 4.2).

Таблица 4.2

Изменение NPV проекта в зависимости от изменения цены реализации

Дерево вероятностей	Фактор-цена реализации									
	-50%	-40%	-30%	-20%	-10%	0%	10%	20%	30%	40%
Вероятность первого уровня, %	30			40			30			
Вероятность первого уровня, %	0	0	10	30	60	100	60	30	10	0
Итоговая вероятность, %	0	0	3	9	18	40	18	9	3	0
Изменение NPV, долл.США	2915	2296	1700	123	559	0	-550	-1092	-1626	-2159

Таблица 4.3

Изменение NPV проекта в зависимости от изменения цены реализации

Сценарий	Вероятность реализации сценария, %	Фактор	Значение, % от плана	NPV, тыс.долл.США	IRR, %	PB, лет	DPB, лет
Пессимистический	20	Розничные цены реализации	96	-1637	-	6,58	Не окупается
		Себестоимость продукции	110				
		Фактический объем продаж	90				
Оптимистический	30	Розничные цены реализации	105	3390	53	3,33	3,92
		Себестоимость продукции	95				
		Фактический объем продаж	105				
Наиболее вероятный	50	Розничные цены реализации	100	1765	36	3,92	4,92
		Себестоимость продукции	100				
		Фактический объем продаж	100				

Суммарный риск по NPV в нашем примере рассчитывается как сумма произведений итоговой вероятности и величины риска по каждому отклонению и равен 6,63 тыс. долл. США ($1700 \times 0,03 + 1123 \times 0,09 + 559 \times 0,18 - 550 \times 0,18 - 1092 \times 0,09 - 1626 \times 0,03$). Тогда ожидаемая величина NPV, скорректированная на риск, связанный с изменением цены реализа-

ции, будет равна 1758 тыс. долл. США (1765 (плановая величина NPV) - 6,63 (ожидаемая величина риска)).

Таким образом, риск изменения цены реализации снижает NPV проекта на 6,63 тыс. долл. США. В результате аналогичного анализа двух других критических факторов оказалось, что самым опасным является риск изменения физического объема продаж: ожидаемая величина этого риска составила 202 тыс. долл. США, а ожидаемая величина риска изменения себестоимости — 123 тыс. долл. США. Получается, что изменение розничной цены — не самый важный риск для рассматриваемого проекта и им можно пренебречь, сосредоточившись на управлении и предотвращении других рисков.

Анализ чувствительности очень нагляден, однако главным его недостатком является то, что анализируется влияние только одного из факторов, а остальные считаются неизменными. На практике же обычно изменяются сразу несколько показателей. Оценить подобную ситуацию и скорректировать NPV проекта на величину риска помогает сценарный анализ.

Сценарный анализ. Для начала необходимо определить перечень критических факторов, которые будут изменяться одновременно. Для этого, используя результаты анализа чувствительности, можно выбрать 2-4 фактора, которые оказывают наибольшее влияние на результат проекта. Рассматривать одновременно большее количество факторов не имеет смысла, поскольку это только усложняет расчеты.

Обычно рассматривают три сценария: оптимистический, пессимистический и наиболее вероятный, но при необходимости их число можно увеличить. В каждом из сценариев фиксируются соответствующие значения отобранных факторов, после чего рассчитываются показатели эффективности проекта. Результаты сводятся в таблицу (см. табл. 3).

Как и при анализе чувствительности, каждому сценарию на основе экспертных оценок присваивается вероятность его реализации. Данные каждого сценария подставляются в основную финансовую модель проекта, и определяются ожидаемые значения NPV и величины риска. Величину вероятностей, как и в предыдущем случае, необходимо обосновать.

Ожидаемое значение NPV в данном случае будет равно 1572 тыс. долл. США $(-1637 \times 0,2 + 3390 \times 0,3 + 1765 \times 0,5)$. Таким образом, в отличие от предыдущего этапа анализа мы получили одну более точную комплексную оценку эффективности, которая и будет использоваться в дальнейших решениях по проекту. Необходимо учесть, что большой разрыв между плановым и оценочным значениями NPV свидетельствует о высокой неопределенности проекта. Возможно, в проекте присутствуют дополнительные факторы риска, которые необходимо учесть.

Имитационное моделирование. В случае когда точные оценки параметров (например, 90, 110 и 80%, как в сценарном анализе) задать нельзя, а аналитики могут определить только интервалы возможного колебания по-

казателя, используют метод имитационного моделирования Монте-Карло. Чаще всего подобный анализ проводится для выявления валютных рисков (колебание курса валют в течение года), а также рисков колебания процентных ставок, макроэкономических рисков и других.

Расчеты по методу Монте-Карло из-за его трудоемкости всегда осуществляют с помощью программных продуктов, имеющих соответствующую функцию (Project Expert, «Альт-Инвест», Excel). Основной смысл расчетов сводится к следующему. На первом этапе задаются границы, в которых может изменяться параметр. Затем программа случайным образом (имитируя случайность рыночных процессов) выбирает значения этого параметра из заданного интервала и рассчитывает показатель эффективности проекта, подставляя в финансовую модель выбранное значение. Проводится несколько сотен таких экспериментов (при электронных расчетах это занимает несколько минут), и получается множество значений NPV, для которых рассчитываются среднее (m), а также величина риска (стандартное отклонение, d). В соответствии со статистическим правилом (так называемое «правило трех сигм») значение NPV окажется в следующих интервалах (таблица 4.4):

Таблица 4.4

Пример результатов анализа эффективности проекта с помощью метода Монте-Карло

Параметры NPV	Возможное изменение показателя, %		
	Изменение себестоимости (верхняя граница 12%, нижняя – 10%)	Валютный курс (верхняя граница 8%, нижняя – 9%)	NPV, тыс.долл. США
Среднее значение	101,2	99,5	1725
Стандартное отклонение	4,4	2,4	142

- с вероятностью 68,3% - в диапазоне $m \pm d$;
- с вероятностью 94,5% - в диапазоне $m \pm 2d$;
- с вероятностью 99,7% - в диапазоне $m \pm 3d$.

Как видно из таблицы, $m = 1725$, $d = 142$.

Это означает, что наиболее вероятное значение NPV будет колебаться около значения 1725. Применив правило «трех сигм», получим, что с вероятностью 99,7% значение NPV попадает в диапазон $1725 \pm (3 \times 142)$, даже нижняя граница которого больше нуля.

Следовательно, с высокой долей вероятности результат нашего проекта будет положительным. Если бы при двух- или трехкратном отклонении был получен отрицательный результат (это возможно при низком значении NPV проекта или высокой чувствительности к фактору), то с помощью правила «трех сигм» можно определить, какова вероятность данного отклонения, и сделать вывод о возможности наступления неблагоприятного исхода. Например, если при $m \pm d$ значение $NPV > 0$, а при $m - 2d$ значе-

ние $NPV < 0$, это значит, что с вероятностью до 13,1% $((94,5\% - 68,3\%) : 2)$ эффективность проекта отрицательна, он имеет довольно высокий риск и может быть пересмотрен.

В нашем примере проект производства золотых цепочек в целом характеризуется низкой долей риска, поскольку с очень большой вероятностью NPV проекта имеет положительное значение, а рассчитанная максимальная величина риска при реализации пессимистического сценария составляет 193 тыс. долл. США (1765 тыс. - 1572 тыс.). Следовательно, проект может быть принят. Тем не менее, стоит застраховаться от риска несоблюдения сроков запуска мощностей (строительства и установки оборудования), а также от риска повышения себестоимости (например, путем приобретения опционов на покупку золота). Кроме того, нужно уделить внимание продвижению товара: рекламной политике компании и выбору места продаж. Сделать это можно, опираясь на предыдущую практику или путем проработки договоров аренды и контрактов на поставку цепочек дистрибьюторам.

В заключение необходимо отметить, что применение описанного подхода к анализу проектных рисков часто позволяет уже на первом этапе оценки проекта принимать решение относительно его дальнейшей проработки, а также делать выводы о возможных способах минимизации рисков. Следует подчеркнуть, что обязательным условием такого анализа должны быть обоснованные экспертные оценки, иначе эффективность работы будет невысока.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аронсон К.Э. Теплообменники энергетических установок/Аронсон К.Э., Блинков С.Н., Брезгин В.И и др. Екатеринбург: изд-во «Сократ», 2002. - 968с.
2. Теплообменные аппараты ТЭС: учебное пособие для вузов/ Ю. Г. Назмеев, В. М. Лавыгин.- 2-е изд., перераб..- М.: МЭИ, 2002.- 260 с.: ил.
3. Теплотехника: учебник/ под ред. В. Н. Луканина.- 6-е изд., стер..- Москва: Высшая школа, 2008.- 671 с.: ил.
4. Чекардовский М.Н. Разработка методов определения эффективности работы теплообменных аппаратов в системе теплоснабжения/ М.Н. Чекардовский, С.М. Чекардовский, К.Н. Илюхин, В.Е. Ушаков. – Тюмень: Изд-во ТГСХА, 2009. -145с.
5. М.Н. Чекардовский, К.Н. Илюхин, С.М. Чекардовский, Н.А. Харламова. Проектирование и исследование теплообменных аппаратов: учебное пособие.- Тюмень: Изд-во РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015.-124с.

Учебное издание

**«ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ ОБОРУДОВАНИЯ ПО
МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕТОДИКЕ С
МИНИМАЛЬНЫМ РИСКОМ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА»**

Методические указания по выполнению курсовой работы по
дисциплине «Энергообследование оборудования тепловых пунктов»

Составитель
Чекардовский Михаил Николаевич

В авторской редакции

Подписано в печать _____ 2017. Формат 60х90 1/16. Печ.л. 1,75
Тираж 5 экз. Заказ № _____

Библиотечно-издательский комплекс
Федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Тюменский индустриальный университет»
625000 г.Тюмень, ул. Володарского 38

Типография библиотечно-издательского комплекса
625039, Тюмень, ул. Киевская, 52