

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий

(наименование института полностью)

Кафедра «Прикладная математика и информатика»

(наименование кафедры)

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки)

Математическое моделирование

(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему «Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации  
многоступенчатых производственных систем»

Студент

П.В. Макеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

С.В. Мкртычев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель программы д.ф.-м.н., доцент, С.В. Талалов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент, А.В. Очеповский

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2018

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Глава 1 Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапных систем производства готовой продукции .....	9
1.1 Учетно-аналитическая информация многоэтапных систем производства готовой продукции .....	9
1.2 Методы обработки учетно-аналитической информации промышленных многоэтапных производственных систем .....	12
1.3 Объектное моделирование многоэтапных производственных систем .....	17
1.4 Объектно-структурный подход к моделированию систем обработки учетно-аналитической информации .....	19
1.5 Математическая модель и алгоритм учета нормативных потерь в многоэтапной производственной системе.....	27
Глава 2 Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности.....	35
2.1 Операционная страховая деятельность как многоэтапная производственная система .....	35
2.2 Специфические особенности страхового учета .....	40
2.3 Страховая учетно-аналитическая информация.....	44
2.4 Математическая модель обработки страховой учетно-аналитической информации.....	45
3.1 Оценка адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной системы производства готовой продукции.....	59
3.1.1 Выбор средства моделирования.....	59
3.1.2 Оценка адекватности модели и алгоритма учета нормативных потерь для многоэтапной производственной системы.....	68
3.2 Оценка адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности .....	71
3.2.1 Выбор средства моделирования.....	71

3.2.2 Оценка адекватности моделей и алгоритмов валидации данных страхового учета .....	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	85
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	87

## ВВЕДЕНИЕ

В сфере малого и среднего бизнеса России широко представлены предприятия, обеспечивающие производство готовой продукции или услуги в условиях краткого технологического процесса, состоящего из отдельных самостоятельных этапов.

Многоэтапные производственные системы с точки зрения организации управленческого учета можно условно разделить на отрасли, в которых действуют балансовые учетные модели (к ним относятся предприятия текстильной, металлообрабатывающей, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности) и отрасли, в которых применение балансовых моделей ограничено, например, страховая деятельность.

Среди главных особенностей промышленных многоэтапных производственных систем следует выделить большую материалоемкость и наличие так называемых трудноустраняемых (нормативных) технологических потерь. Это отходы, возникновение которых трудно избежать даже при соблюдении правил производства работ и рациональном использовании сырья и материалов.

Трудноустраняемые потери рассчитываются с помощью нормативных технологических коэффициентов, которые учитывают соотношения количества продукции на этапе к объему исходного сырья и задаются в маршрутной технологической карте. Использование достоверной учетно-аналитической информации об уровне нормативных потерь на каждом этапе технологического процесса является одним из необходимых условий обеспечения эффективности производства.

В страховой деятельности главной проблемой является обеспечения менеджмента страховой компании достоверной и хронологически упорядоченной учетно-аналитической информацией для принятия правильных решений в условиях вероятностной неопределенности.

Для решения данных задач в многоэтапных производственных системах используются информационные системы управленческого учета, в основу

которых положены эффективные модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы, которая обеспечит высокую эффективность управления производственным процессом.

**Целью диссертационной работы** является разработка моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапных производственных систем, обеспечивающих повышение эффективности управления производственным процессом.

**Объектами исследования** являются многоэтапные производственные системы.

**Предметом исследования** являются модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы.

**Гипотеза исследования:** разработанная на основе предлагаемых моделей и алгоритмов информационная система управленческого учета обеспечит повышение эффективности управления многоэтапным производственным процессом.

Для достижения цели и проверки сформулированной гипотезы необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать проблемы обработки информации в многоэтапных производственных системах;
2. Выбрать методологический подход для разработки моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы;
3. Разработать модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы;
4. Оценить адекватность разработанных моделей и алгоритмов.

**Новизна исследования** заключается в разработке моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной

системы, обеспечивающих повышение эффективности управления производственным процессом.

**Практическая значимость** диссертационного исследования заключается в применении предлагаемых моделей и алгоритмов в качестве основы для разработки информационной системы управленческого учета, позволяющей повысить эффективность управления многоэтапным производственным процессом.

**Теоретической основой исследований** послужили научные труды отечественных и зарубежных ученых, занимающимися проблемами моделирования систем управления многоэтапными производственными процессами.

**Соответствие содержания магистерской работы профессиональным компетенциям по видам профессиональной деятельности выпускника.**

Научно-исследовательская деятельность:

– способность проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты самостоятельно и в составе научного коллектива (ПК-1);

– способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач (ПК-2).

Методы исследования. В процессе исследования были использованы следующие практические положения и методы: теория управления многоэтапных производственных систем, математическое моделирование, объектно-структурный подход.

Основные этапы исследования: исследование велось с 2016 по 2018 гг. в три этапа:

На 1-ом, констатирующем этапе исследования (2016 г.), подтверждена актуальность темы исследования, определены объект и предмет исследования, даны обзор и анализ источников научной и методической литературы, сформулированы гипотеза, цели и задачи исследования, определены его проблематика и методы.

В ходе 2-го, моделирующего этапа (2016-2017 гг.), разработаны модели и алгоритмы обработки информации, выполнена теоретическая апробация исследования в процессе выступлений на научно-практических конференциях.

3-й этап (2017-2018 гг.) – этап экспериментальной апробации, в ходе которого выполнена проверка адекватности разработанных моделей и алгоритмов, подтверждена достоверность установленной гипотезы, сформулировано заключение по проведенному исследованию.

На защиту выносятся:

1. Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапных производственных систем;

2. Результаты проверки адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы.

Публикации. Основные публикации по теме магистерской диссертации отражены в 3 статьях, представленных на научно-практических конференциях и индексируемых РИНЦ [11-13].

Содержание работы:

Первая глава посвящена разработке методов и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапных систем производства готовой продукции. Дан обзор и анализ известных методы обработки учетно-аналитической информации промышленных многоэтапных производственных систем. В качестве методологической основы моделирования систем обработки учетно-аналитической информации выбран объектно-структурный подход. На основе данного подхода разработаны математическая модель и алгоритмы учета нормативных потерь в многоэтапном процессе производства готовой продукции.

Во второй главе рассмотрены модели и алгоритмы обработки страховой учетно-аналитической информации.

Третья глава посвящена проверке адекватности разработанных в предыдущих главах моделей и алгоритмов и описаны результаты экспериментов.

В заключении приводятся результаты проделанной работы.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы.

Работа изложена на 91 странице и включает \_\_\_ рисунков, \_\_\_ таблиц, \_\_\_ формул.

# **Глава 1 Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапных систем производства готовой продукции**

В производственной деятельности многоэтапной производственной системы задействованы материальный поток и сопровождающий его информационный поток, в состав которого входит учетно-аналитическая информация.

Вопросам обработки информации в многоэтапных производственных системах рассматривали в своих работах А.К. Погодаев, С.Л. Блюмин, С.В. Мкртычев, J. Muckstadt и др.

Рассмотрим особенности обработки учетно-аналитической информации в многоэтапных системах производства готовой продукции.

## **1.1 Учетно-аналитическая информация многоэтапных систем производства готовой продукции**

Предприятия с многоэтапным (многопередельным) типом производства обеспечивают последовательную переработку исходного однородного сырья в готовую продукцию.

К указанным предприятиям относятся предприятия текстильной, деревообрабатывающей, металлообрабатывающей, металлургической, химической и других отраслей промышленности.

Материальный поток в многоэтапном производственном процессе представляет собой находящиеся в движении товарно-материальные ценности: сырье, материалы, незавершенное производство (НЗП) и готовую продукцию (далее – ТМЦ).

Информационный поток представляет собой поток документов, сопровождающих многоэтапный процесс производства готовой продукции (рисунок 1.1).

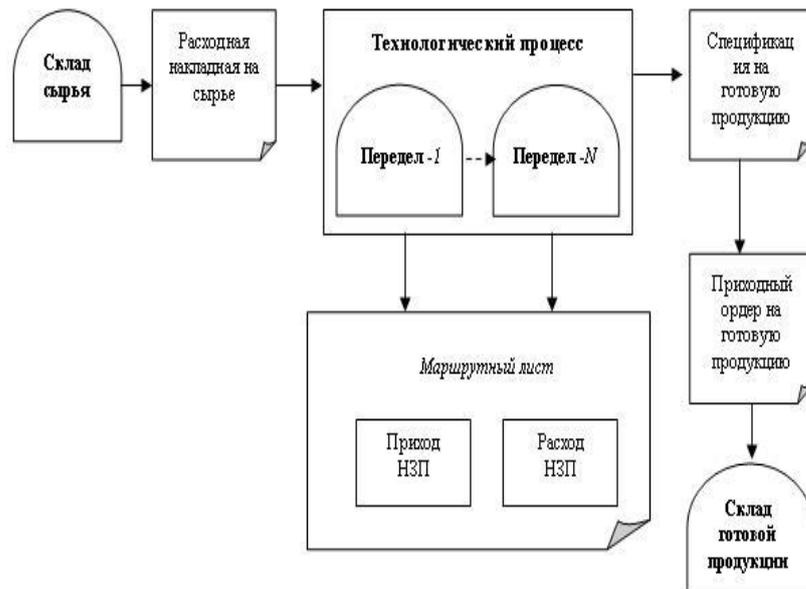


Рисунок 1.1 – Блок-диаграмма информационного потока многоэтапного процесса производства готовой продукции

Центральное место в обработке информационного потока принадлежит разновидности управленческого учета, производственному учету, основное предназначение которого заключается в обеспечении ведущего менеджмента предприятия учетно-аналитической информацией для принятия управленческих решений по обеспечению эффективности производства.

На основании принципов организации производственного учета, изложенных в работах зарубежных и российских ученых К. Друри, А.Д. Шеремета, С.А. Николаевой и других, можно выделить следующие положения производственного учета в многоэтапной промышленной системе [7]:

- предмет производственного учета – производственные операции и связанные с ними документы и субъекты учета;
- задача производственного учета – полный, достоверный и своевременный учет производственных операций и документов, их сохранение, анализ и предоставление менеджерам на основе сохраненных и обработанных данных аналитической и статистической отчетности, формирование учетных регистров;

- объекты производственного учета – учетные записи, внесенные на основании учетных документов;

- учетным документом считается любой документ, принятый к учету для совершения учетной записи;

- субъекты страхового учета – лица, играющие различные роли в производственном процессе.

Учетно-аналитическая информация относится к категории оперативно-производственной управленческой информации, что обусловлено ее свойствами:

- учетно-аналитическая информация накапливается в течение продолжительного периода времени и используется для решения задач анализа деятельности и выработки управленческих решений многоэтапной производственной системы;

- основными учетными реквизитами учетно-аналитической информации являются данные о расходе сырья, движениях НЗП на этапах и готовой продукции.

Как разновидность управленческой информации учетно-аналитическая информация должна отвечать следующим требованиям качества [8]:

- достоверность;

- ценность;

- полнота (достаточность для принятия решений);

- хронологическая упорядоченность.

К документам производственного учета относятся:

- расходная накладная, отражающая факт отпуска сырья со склада на производственные нужды;

- приходный ордер, отражающий факт прихода готовой продукции на склад;

- маршрутный лист, отражающий движение ТМЦ в технологическом процессе.

Следует отметить, что ключевой концепцией производственного учета является оценка запасов ТМЦ, опирающаяся на понятие балансовой модели – экономико-математической модели, построенной в виде уравнения или системы уравнений, представляющих балансовые соотношения и характеризующих равенство поступившего (произведенного, закупленного) и распределенного, израсходованного продукта.

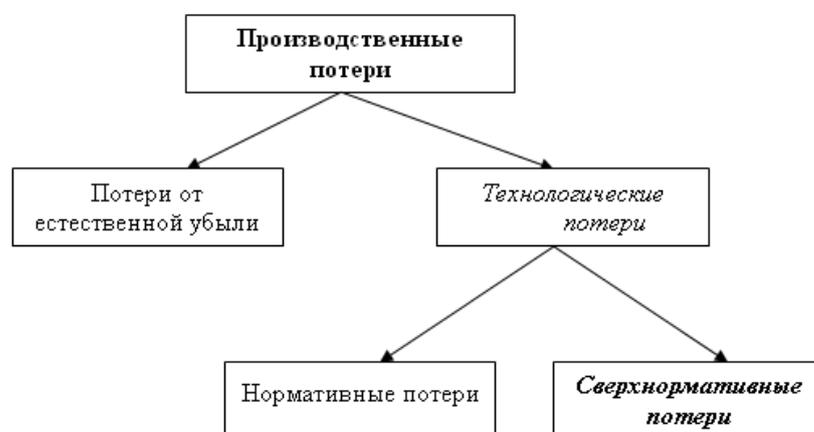
Производство должно использовать определенное количество сырья, незавершенного производства и готовой продукции в рамках своих производственных процессов, а любые конечные балансы должны быть должным образом оценены для признания на балансе компании.

Кроме того, производственная система должна постоянно или периодически проводить инвентаризацию ТМЦ для отслеживания их остатков.

Эта информация имеет решающее значение для оценки запасов сырья и материалов многоэтапного производства.

## **1.2 Методы обработки учетно-аналитической информации промышленных многоэтапных производственных систем**

Как отмечено выше, эффективность промышленных многоэтапных производственных систем оценивается по уровню производственных потерь, модель которых структурная схема которых представлена на рисунке 1.2.



## Рисунок 1.2 – Структура производственных потерь многоэтапной производственной системы

Как следует из схемы, в многоэтапном производстве учет затрат производится на основе нормативного метода.

Соответственно оценка эффективности производства осуществляется по величине суммарных сверхнормативных технологических потерь, возникающих по следующим причинам:

- 1) изменением технологии;
- 2) ухудшение качества сырья и материалов, обусловленное, например, сменой поставщика исходного сырья;
- 3) неправильные формулы расчета потерь на этапах технологического процесса.

Если первые две причины связаны с применением неправильных нормативных коэффициентов технологического процесса, то третья причина обусловлена применением неадекватных моделей обработки учетно-аналитической информации многоэтапного производства.

В учетной практике многоэтапных производств нормативные потери следует рассматривать с привязкой к незавершенному производству и к конкретному этапу производственного процесса.

Следует напомнить, что НЗП – это незаконченная изготовлением продукция, находящаяся на различных стадиях производственного процесса (сырье, полуфабрикаты и готовая продукция).

Экономические методы учета нормативных потерь основаны преимущественно на расчете затрат в денежных единицах.

Вместе с тем по мнению производственных менеджеров, для расчета оптимальных запасов сырья и полуфабрикатов в многоэтапном процессе учет незавершенного производства следует вести в натуральных единицах измерения (кг, кв. м, м<sup>3</sup> и т.д.).

Многообразие подходов к учету НЗП объясняется необходимостью отражения специфики производства и особенностями учетной политики менеджмента предприятия.

Рассмотрим некоторые подходы к оценке НЗП в многоэтапных процессах.

Формула расчет партий НЗП на конец планового периода имеет вид [21]:

$$H_k = \frac{1}{T_k} \sum_{p=1}^P \tau_p y_{kp}, k = 1, \dots, K \quad (1.1)$$

где  $\tau_p$  – время, необходимое для доделки партии  $p$ ;

$$y_{kp} = \begin{cases} 1, & \text{если партия } p \text{ используется к сроку } T_k \\ 0, & \text{если партия } p \text{ не используется к сроку } T_k \end{cases} \quad (1.2)$$

Однако данная модель предлагается для использования в многономенклатурной механообработке для партионного учета затрат.

Кроме того, отсутствие привязки сырья и полуфабрикатов к реальным местам их хранения на этапах технологического процесса усложняет решение проблемы учета их потерь и получения объективной учетно-аналитической информации для принятия правильных управленческих решений.

Так, для расчета сырья и НЗП на металлургических предприятиях предлагается следующая модель (рисунки 1.3, 1.4) [39].

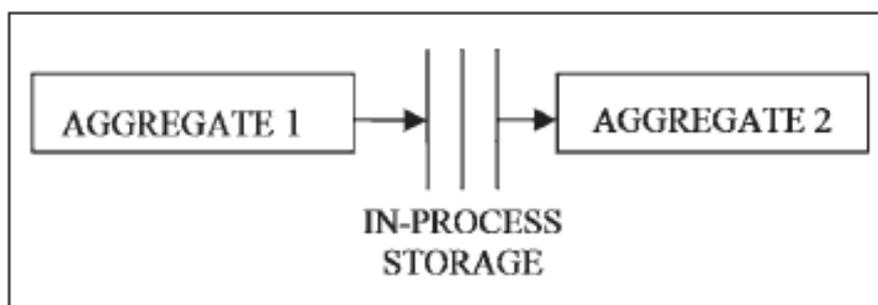


Рисунок 1.3 – Диаграмма складирования материального потока между агрегатами этапов производственного процесса.

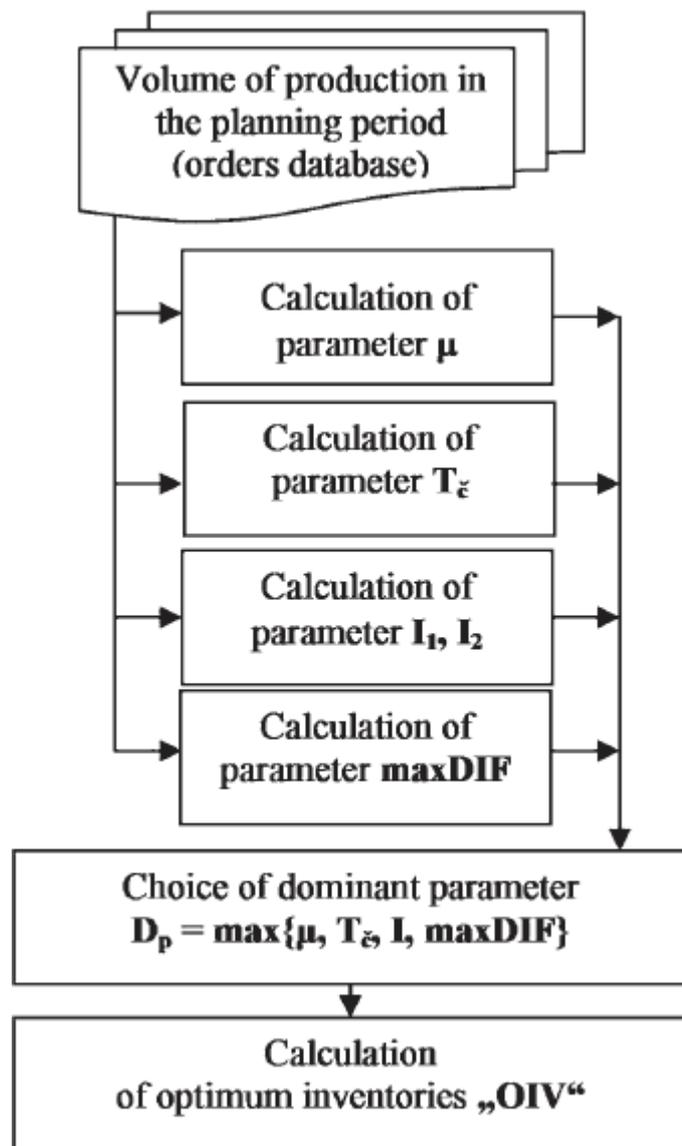


Рисунок 1.4 – Модель для расчета оптимальных запасов стали в прокатном производстве

Здесь:

*OIV* – оптимальный запас сырья и НЗП, определяемый по формуле:

$$OVI = \frac{D_p V_2}{100} / t, \quad (1.3)$$

где  $\mu$  – коэффициент выработки продукции между двумя соседними агрегатами (этапами);

$I_1, I_2$  – время простоя агрегатов;

$T$  – технологическое время;

$maxDIF$  – коэффициент однородности производства или отношение максимального объема планируемого объема производства в день к среднему объему производства в отчетный период;

$D_p$  – ключевой параметр;

$V_2$  – среднее величина продукции, производимой на агрегате 2 в отчетный период (т/дн).

В современных исследованиях для формализации многоэтапных производственных систем используются семантические сети, которые достаточно просто описываются с помощью аппарата графов [41].

Пусть  $G$  представляет собой ориентированный граф (рисунок 1.5), описывающий многоэтапную производственную систему, с  $N(G)$  множеством узлов и  $A(G)$ , множеством дуг, причем:

$$N(G) = \{1, \dots, n\} \text{ и } A(G) = \{(n, n-1), (n-1), (n-2), \dots, 2, 1\} \quad (1.4)$$

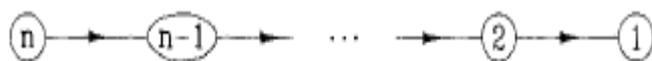


Рисунок 1.5 – Граф многоэтапной производственной системы

Граф  $G$  показывает, что каждая номенклатурная позиция продукции, которая создается из однородного сырья, проходит через  $n$  отдельных этапов, начиная с этапа  $n$  и заканчивая этапом 1.

Граф  $G$  аналогичен расходной накладной на материалы. Элементы  $N(G)$  представляют этапы производства, а элементы в  $A(G)$  определяют порядок, в котором должны выполняться операции.

Следует отметить, что в области управления многоэтапными производственными системами в основном представлены исследования, посвященные проблемам минимизации производственных затрат и повышения качества производимой продукции, формализуемым как задачи оптимизации на графах [35, 43].

Описанные в них математические модели и алгоритмы предназначены для оптимизации параметров производственного процесса и ориентированы на обеспечение минимальной величины Total system cost (TSC) – общей стоимости системы, в том числе за счет снижения уровня затрат, обусловленных потерями продукции на этапах [36, 38]:

$$C_n y_{n+1} = \min_{0 \leq u_n \leq y_{n+1}}, n = 2, \dots, N, \quad (1.5)$$

где  $y_{n+1}$  – количество ТМЦ на выходе  $(n + 1)$ -го этапа;

$C_n(y_{n+1})$  – целевые операционные затраты;

$u_n$  – количество ТМЦ на входе  $n$ -го этапа.

Ограничение:  $u_n \leq y_{n+1}$  – количество ТМЦ на входе данного этапа не может превышать количество ТМЦ на выходе предыдущего этапа.

### 1.3 Объектное моделирование многоэтапных производственных систем

В работе [22] представлен метод объектного моделирования многоэтапных производственных систем.

Положения данного метода основаны на представлении многоэтапной производственной системы в виде объектно-структурной модели, элементы которой относятся к нижеперечисленным классам технологических объектов:

- «Агрегат», объекты которого изменяют количественное или качественное состояние элемента материального потока материала (сырья, незавершенного производства, документов и т.д.);

- «Склад», объекты которого хранят элементы потока материала и регистрируют их перемещение в процессе производства;

- «Контролер», объекты которого контролируют состояние элемента потока материала управляют его движением по технологическому процессу.

Такая структура может быть формализована в виде ориентированного графа с узлами, которые обозначают объекты-склады, и дугами, нагруженными объектами-агрегатами.

Математически данную модель не представляет сложности описать с помощью матрицы инцидентности [32].

На рисунке 1.6 представлен пример объектно-структурной модели металлургического производства.

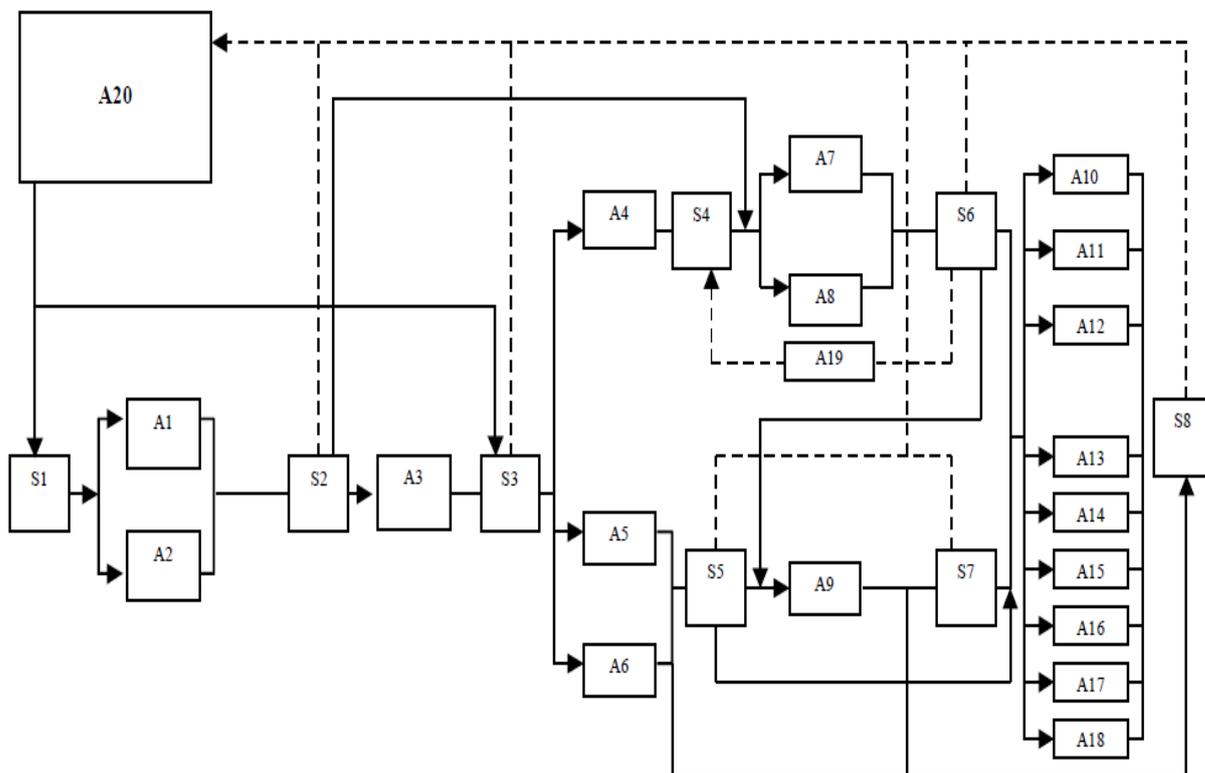


Рисунок 1.6 – Граф металлургического производства: A1-A20 – объекты-агрегаты, S1-S8 – объекты-склады.

Модель взаимодействия объектов «склад» и «агрегат» может быть представлена в виде структуры нового объекта – этапа или передела производственного процесса.

Следует отметить, что в объектно-структурных моделях имеется возможность использовать включения фиктивных складов и агрегатов, если на каком-либо из этапов производственного процесса отсутствуют реальные склады или агрегаты.

В памяти ЭВМ объектно-структурная модель может быть определена в виде массива размером  $\{n_w, m_A\}$ , где  $n_w$  – общее число объектов-складов,  $m_A$  –

общее число объектов-агрегатов модели, а элементами матрицы будут числовые значения из множества  $\{0, +1, -1\}$ , характеризующие характер связи объектов модели.

Пример представления графа приведен в таблице на рисунке 1.7.

		АГРЕГАТЫ																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
С К Л А Д Ы	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1
	2	-1	-1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	3	0	0	-1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\pm 1$
	4	0	0	0	-1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
	5	0	0	0	0	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
	6	0	0	0	0	0	0	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	8	0	0	0	0	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1

Рисунок 1.7 – Матрица инцидентности графа листопрокатного производства

Основным преимуществом метода объектно-структурного моделирования является возможность установить связь между структурой производственного процесса и выполняющими обработку материального (информационного) потока объектами.

Важно также отметить, что принципиальной особенностью данного метода является возможность анализа реального объекта в производственном процессе на принадлежность определенному классу технологических объектов.

Это позволяет рассматривать набор описанных классов производственных объектов, как технологическую онтологию многоэтапных производственных систем [Онт].

#### **1.4 Объектно-структурный подход к моделированию систем обработки учетно-аналитической информации**

Как было отмечено выше, готовая продукция в многоэтапной производственной системе создается в результате обработки материального

потока, который, как и сопровождающий его информационный поток являются объектами исследования производственной логистики [15].

Для исследования многоэтапных производственных систем в логистике применяется методология системного анализа, основанная на положениях теории логистических систем.

Логистический подход, являющийся основой системного анализа в логистике, позволяет исследовать свойства, структуру и функции логистических объектов и процессов в целом, представив их в качестве систем со сложными межэлементными взаимосвязями.

В современной отечественной и западной логистике широко применяется понятие логистической цепи (Logistical chain), которая представляет собой множество участников логистического процесса, линейно упорядоченных по материальному или информационному потоку для анализа логистических операций и/или затрат.

Как показывает практика, использование моделей, построенных на основе логистической цепи, существенно упрощает анализ многоэтапных производственных систем, позволяет оптимизировать их ресурсы и принимать управленческие решения по обеспечению их эффективности.

С учетом вышеизложенного, логистическая цепь многоэтапного производственного процесса может быть представлена, как последовательность «склад сырья – технологический процесс – склад готовой продукции» (рисунок 1.8):

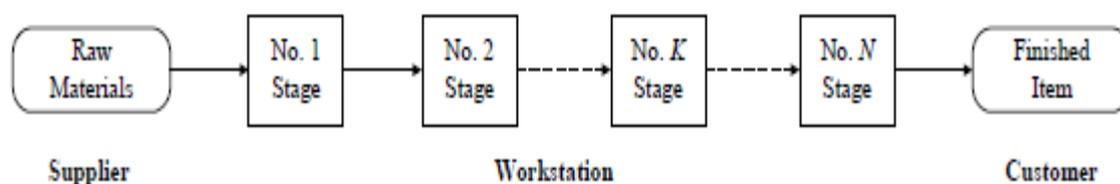


Рисунок 1.8 – Логистическая цепь многоэтапного производственного процесса

Как отмечено выше, учет материального потока в логистической производственной цепи ведется по балансовой модели (рисунок 1.9) [10].

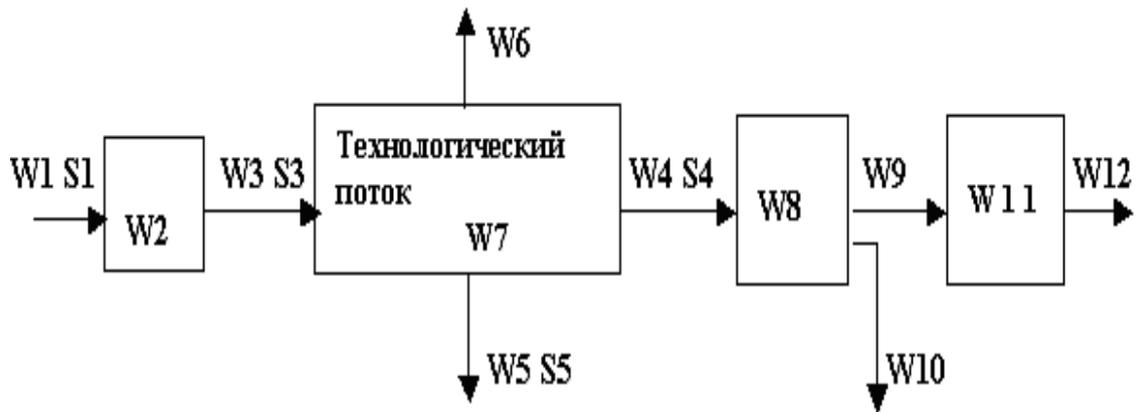


Рисунок 1.9 – Модель баланса материального потока предприятия

Здесь:

$W1$  – масса сырья и материалов, поступивших на склад;

$S1$  – погрешность весов для взвешивания поступивших на склад сырья и материалов;

$W2$  – подтвержденная инвентаризацией остатки сырья и материалов на складе;

$W3$  – расход сырья и материалов на цели производства;

$S3$  – погрешность весов для взвешивания сырья и материалов, расходуемых для производственных нужд;

$W4$  – масса произведённой продукции;

$S4$  – погрешность весов для взвешивания произведённой продукции;

$W5$  – масса производственных отходов;

$S5$  – приведённая погрешность весов для взвешивания производственных отходов;

$W6$  – рассчитанная масса технологических потерь;

$W7$  – подтвержденное инвентаризацией НЗП;

$W8$  – неаттестованная продукция;

$W9$  – аттестованная продукция текущего производства;

$W10$  – масса брака;

$W_{11}$  – масса готовой продукции в запасе;

$W_{12}$  – готовая продукция.

Все компоненты модели должны быть приведены к общей единице изменения массы.

Если принять во внимание, что в логистической цепи действуют балансовые модели, то задача оптимизации технологических потерь в многоэтапном производственном процессе может быть формализована с следующим образом [18]:

$$W_{\text{ТП}_t} = \left( \sum_{t \in T} W_{c_t} - \sum_{t \in T} W_{\text{ГП}_t} \right) \rightarrow \min, \quad (1.6)$$

где  $T$  – отчетный период;

$\sum_{t \in T} W_{\text{ТП}_t}$  – общая величина технологических потерь;

$\sum_{t \in T} W_{c_t}$  – общая величина расхода сырья;

$\sum_{t \in T} W_{\text{ГП}_t}$  – общая величина прихода готовой продукции.

Соответственно, остатки ТМЦ на складах рассчитываются сальдовым методом с помощью уравнения:

$$C_{\text{ОН}} + \sum_{t \in T} C_{\text{П}_t} = C_{\text{ОК}} + \sum_{t \in T} C_{\text{Р}_t}, \quad (1.7)$$

где  $C_{\text{ОН}}$  – остатки ТМЦ на начало отчетного периода;

$\sum_{t \in T} C_{\text{П}_t}$  – общий приход ТМЦ на склад;

$\sum_{t \in T} C_{\text{Р}_t}$  – общий расход ТМЦ со склада за отчетный период;

$C_{\text{ОК}}$  – остатки ТМЦ на конец отчетного периода.

Для информационной поддержки производственного учета используются системы автоматизированной обработки учетно-аналитической информации (АСОУИ).

АСОУИ относятся к OLTP (Online Transaction Processing) – системам [26].

OLTP – категория приложений и систем, предназначенных для ввода, структурированного хранения и обработки информации (операций, документов) в онлайн-режиме.

Применяется в транзакционных информационных системах, к которым относятся учетные, биллинговые, автоматизированные банковские системы и некоторые другие информационные системы.

В таблице 1.1 приведены основные характеристики OLTP-систем.

Таблица 1.1 – Основные характеристики OLTP – систем

Характеристика	Описание
Частота и объем обновляемых данных	<ul style="list-style-type: none"> <li>– выполнение большого количества коротких транзакций от большого числа пользователей;</li> <li>– большая частота обновлений и малый объем обновляемых данных;</li> <li>– малое время отклика на запрос</li> </ul>
Период хранения данных	Отчетный период (как правило, не более одного календарного года)
Степень агрегирования данных	Первичные учетные данные
Характер обработки данных	Строго регламентированные запросы и отчеты
Цели создания	<ul style="list-style-type: none"> <li>Учет первичных данных</li> <li>Оптимизация хранения данных</li> <li>Оптимизация эксплуатационных характеристик приложений</li> </ul>

Основные особенности построения OLTP-систем:

- архитектура «клиент-сервер»;
- реляционная модель данных;
- сильная нормализация данных.

OLTP-системы относятся к 1-му уровню архитектуры информационно-аналитических систем

Для реализации балансовых моделей в АСОУИ используется метод двойной записи, основанный на DCA (Debit-Credit Accounting) – модели и широко применяемый в бухгалтерском учете [9].

Для решения задач управленческого учета в некоторых зарубежных программных продуктах используется более перспективная с точки зрения реализации учетная модель IAC («Items – Agents - Cash» – «Товарно-материальные ценности – Агенты – Деньги»), основанная на экономической концепции баланса [37].

Модель IAC представляет собой более нормализованную структуру данных, которая устраняет многие из избыточности, присутствующие в традиционной модели.

Модель IAC объединяет клиентов, поставщиков, сотрудников и акционеров в одну сущность «Агенты».

Сущность «ТМЦ» консолидирует основные средства, инвентарь и все товары и услуги, которые компания покупает или продает, включая акции (акции).

Сущность «Деньги» консолидирует банковские счета, мелкие денежные средства и любую другую учетную запись, отражающую поток денег.

В 1979 году Уильям Э. Маккарти в своем тезисе «Сущность – взгляд на отношение моделей учета» представил REA-модель (Ресурсы – События – Агенты), которая теперь реализована в самых известных ИСУУ и ERP (рисунок 1.10) [40].

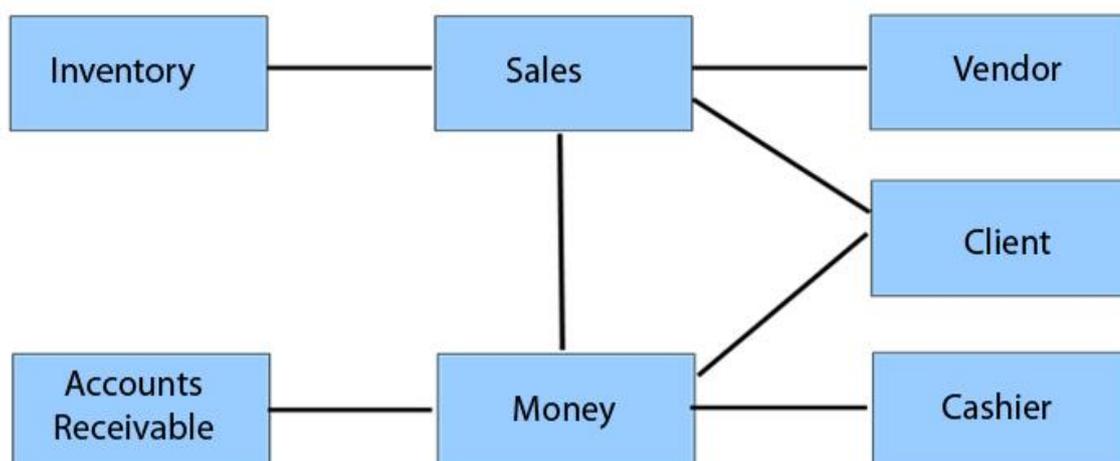


Рисунок 1.10 – Пример REA-модели

Основная идея метода заключается в следующем: «Учетная информационная система может быть, естественно, смоделирована в реляционной базе данных, которая содержит реальные сущности и отношения между этими сущностями».

Основные правила REA:

- каждое Событие связано как минимум с одним Ресурсом;
- каждое Событие связано как минимум с одним другим Событием.
- каждое Событие связано как минимум с двумя Агентами (принцип экономической дуальности).

Следует отметить, что в современной концепции моделирования учетных систем REA рассматривается, как учетная онтология, что существенно расширяет ее возможности, как средства моделирования АСОУИ.

Необходимо также учесть, что современные АСОУИ разрабатываются с помощью паттернов проектирования.

Однако, несмотря на то, что философия REA опирается на идею многократного использования паттернов проектирования, существуют проблема идентификации и формализации объектов, представляемых концептами REA.

Для решения данной проблемы необходимо использовать подход к моделированию проблемно-ориентированных АСОУИ, основанный на

интеграции онтологического подхода с другими методологическими подходами.

Такой методологией является методология объектно-структурного подхода к моделированию АСОУИ многоэтапных производственных процессов, основанная на интеграции онтологического, автоматного и объектно-ориентированного подходов [19].

В данном подходе используется представление многоступенчатой производственной системы в виде объектно-структурированной модели, элементы которой являются виртуальными наследниками следующих основных классов технологической онтологии: агрегат, склад, контролер и этап (передел) – комбинация объектов этих классов.

Среди достоинств объектно-структурного подхода можно выделить его универсальность объектно-структурных моделей АСОУИ, в основе которой лежит принцип изоморфизма таких моделей.

Пусть  $M_1(U_1, A_1)$  и  $M_2(U_2, A_2)$  - сравниваемые на предмет изоморфизма объектно-структурные модели АСОУИ (далее – модели), где  $U_1, U_2$  – непустые конечные множества узлов, а  $A_1, A_2$  – непустые конечные множества дуг ориентированных графов моделей соответственно.

С учетом известных положений об изоморфизме ориентированных графов был введен новый инвариант - концептуальный класс объекта, обозначающего узел ориентированного графа объектно-структурной модели, и предложено определение изоморфизма объектно-структурных моделей АСОУИ.

Определение: объектно-структурные модели проблемно-ориентированных систем обработки учетно-аналитической информации  $M_1(U_1, A_1)$  и  $M_2(U_2, A_2)$  изоморфны, если ориентированные графы сравниваемых моделей имеют одинаковое число узлов ( $n(M_1) = n(M_2)$ ) и совпадающие направления дуг  $A_1, A_2$ , а также существует биекция между онтологическими классами, наследниками которых являются объекты, обозначающие узлы  $U_1, U_2$  ориентированных деревьев сравниваемых объектно-структурных моделей.

Иными словами, проверка на изоморфизм объектно-структурных моделей систем обработки учетно-аналитической информации для многоэтапных производственных процессов сводится к сравнению свойств объектов, которыми нагружены соответствующие узлы ориентированных графов сравниваемых моделей, на предмет принадлежности к одной и той же технологической онтологии.

На практике это означает, что объектно-структурные модели систем, обеспечивающих обработку учетно-аналитической информации в различных организационных системах, создаются на основе одного и тот же набора онтологических классов, что дает возможность для использования при построении указанных моделей паттерны проектирования, созданные на основе этих классов.

Так, на основе онтологических производственной технологической онтологии были разработаны UML-паттерны, изображенные на рисунке 1.11

СКЛАД	АГРЕГАТ	КОНТРОЛЕР
идентификатор остаткиТМЦ	идентификатор статусТМЦ	идентификатор результатКонтроля
+приходТМЦ() +расходТМЦ()	+изменитьСтатусТМЦ()	+контрольСтатусаТМЦ()

Рисунок 1.11 – UML паттерны систем обработки производственной учетно-аналитической информации

Используем данный подход для разработки математической модели нормативных потерь в многоэтапной производственной системе.

### **1.5 Математическая модель и алгоритм учета нормативных потерь в многоэтапной производственной системе**

На рисунке 1.12 изображена объектно-структурная модель АСОУИ для  $n$ -

этапного технологического процесса.

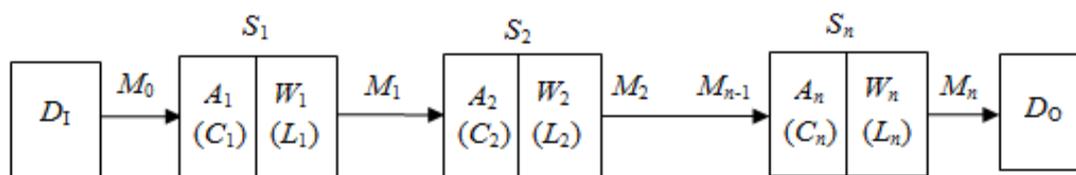


Рисунок 1.12 – Объектно-структурная модель АСОУИ  $n$ -этапного технологического процесса

Эта модель описывается в виде графа  $G(P, S, M)$ , ориентированного по материальному потоку, где

–  $D = \{D_I, D_O\}$  – совокупность узлов, обозначающих реальные склады сырья и готовой продукции соответственно;

–  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$  – совокупность узлов, обозначающие этапы технологического процесса;

–  $M = \{M_0, M_1, \dots, M_n\}$  – совокупность дуг, нагруженных элементами материального потока, где  $M_0, M_n$  – веса сырья и готовой продукции.

В памяти ЭВМ такая модель описывается как упорядоченные массивы вида:

$S: [1 \dots n]$  of  $TS$  и  $M: [1 \dots n - 1]$  of  $TM$ , где  $TS, TM$  – типы данных, которыми нагружены узлы и дуги графа модели соответственно (в рассматриваемом случае это объекты технологических этапов и веса ТМЦ, соответственно).

Каждый этап моделируется с помощью пары:

$$S_i = \langle A_i, W_i \rangle, \quad (1.8)$$

где  $i$  – индекс этапа,  $i = 1, 2, \dots, n$ ,

$A_i$  – объект виртуального класса «Агрегат», нагруженный нормативным коэффициентом выпуска продукции  $C_i$ , определяемым для продукции с индексом  $m$  как отношение весов продукции на выходе и входе этапа, приведенных к общей единице измерения:

$$C_i^{(m)} = \frac{M_i^{(m)}}{M_{i-1}^{(m)}} \quad (1.9)$$

где

$$0 < C_i^{(m)} < 1; \quad (1.10)$$

$W_i$  – объект виртуального класса «Склад», нагруженный нормативными потерями  $L_i$ .

Использование в качестве мест хранения виртуальных складов, реализованных в АСОУИ позволяет применять для контроля нормативных потерь на этапах технологического процесса стандартные операции складского учета и описанные выше линейные модели материального баланса.

Тогда величина нормативных потерь на каждом этапе для выпуска продукции с индексом  $m$  может быть рассчитана по формуле:

$$L_i^{(m)} = UM_0(1 - C_i^m), \quad (1.11)$$

где

$$U = \prod_{j=1}^{i-1} C_j^{(m)}, \quad (1.12)$$

где  $U = 1$  для  $i = 1$ .

Соответственно общая величина нормативных потерь на этапах:

$$L_T^{(m)} = \sum_{i=1}^n L_i^{(m)} \quad (1.13)$$

Как следует из выражения (1.11), для обеспечения качественного учета нормативных потерь на этапах необходимо установить правильные значения нормативных коэффициентов выпуска продукции на виртуальных агрегатах этапа.

Используем подход к решению данной задачи, основанный на допущении, что для одной и той номенклатурной позиции продукции, производимой из однородного сырья, пропорциональная зависимость между

нормативными коэффициентами выпуска продукции на отдельных этапах технологического процесса не изменяется независимо от типа и поставщика сырья.

Примем также допущение, что в технологическом процессе нет других производственных отходов, кроме нормативных потерь.

Другими словами, для  $i > 1$  справедливо выражение:

$$C_i^{(m)} = R_{i-1}^{(m)} C_{i-1}^{(m)}, \quad (1.14)$$

где  $R_{i-1}^{(m)}$  – коэффициент, определяющий соотношение между нормативными коэффициентами выпуска продукции с индексом  $m$  на этапах  $i - 1$  и  $i$ .

Тогда после преобразования выражение (1.9) примет следующий вид:

$$L_i = Q_i M_0 (1 - Z C_1), \quad (1.15)$$

где

$$Z = \sum_{j=1}^{i-1} R_j, \quad (1.16)$$

где  $Z = 1$  для  $i = 1$ ;

$$Q_1 = 1, Q_2 = C_1, Q_3 = C_1^2 R_1, \dots, Q_n = C_1^{n-1} R_1^{n-2} R_2^{n-3} \dots R_{n-2} \quad (1.17)$$

Выражение (1.13) является математической моделью нормативных потерь для многоэтапной производственной системы.

Данная модель может быть использована для конфигурирования АСОУИ, обеспечивающей поддержку производственного учета в многоэтапном производстве [17].

Рассмотрим алгоритм учета нормативных потерь в многоэтапной производственной системе.

Введем следующие обозначения:

$C_{p1t}$  – расход сырья со склада  $S_1$  в момент времени  $dt_0 \in T$ , где  $T$  – отчетный период;

$K_{\text{тп}p}^{(m)}$  – нормативный коэффициент выпуска продукции на  $p$ -м этапе ( $p = 2, 3, \dots, N + 1$ );

Учет производства готовой продукции рассматриваем, как транзакцию, организованную по принципу автодвижений: расход ТМЦ на виртуальном складе ( $i - 1$ ) – го этапа инициирует операцию прихода ТМЦ на виртуальный склад -го этапа и т.д.

Если все операции учетной транзакции выполнены успешно, процесс завершается приходом готовой продукции на склад готовой продукции.

Тогда в соответствии с вышеизложенными соображениями описание массива весов узлов ориентированного графа объектно-структурной модели системы учета нормативных потерь для  $i$ -й номенклатурной позиции готовой продукции будет иметь вид, представленный в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Пример модели учета нормативных потерь в  $N$ -этапном производственном процессе

Номер узла	1	2	...	$N$	$N+1$	$N+2$
Тип объекта*	в/с	в/э	...	в/э	в/э	в/с
Вес узла	0	$C_{P1t} (1 - K_{m2}^{(m)})$	...	$C_{P1t} (1 - K_{mN}^{(m)}) \left( \prod_{j=2}^{N-1} K_{mj}^{(m)} \right)$	$C_{P1t} (1 - K_{mN+1}^{(m)}) \left( \prod_{j=2}^N K_{mj}^{(m)} \right)$	0

\* Обозначения:

в/с – виртуальный склад;

в/э – виртуальный этап.

Для построения модели, описанной в таблице 1.1, используем алгоритм, блок-схема которого изображена на рисунке 1.13.

На схемы виртуальными складами являются фиктивные склады на этапах производственного процесса.

Реальные склады сырья и готовой продукции размещаются на выходе и входе производственного процесса, соответственно.

Для построения модели используется упорядоченный список технологических объектов производственного процесса, составленный на основе его маршрутной карты.

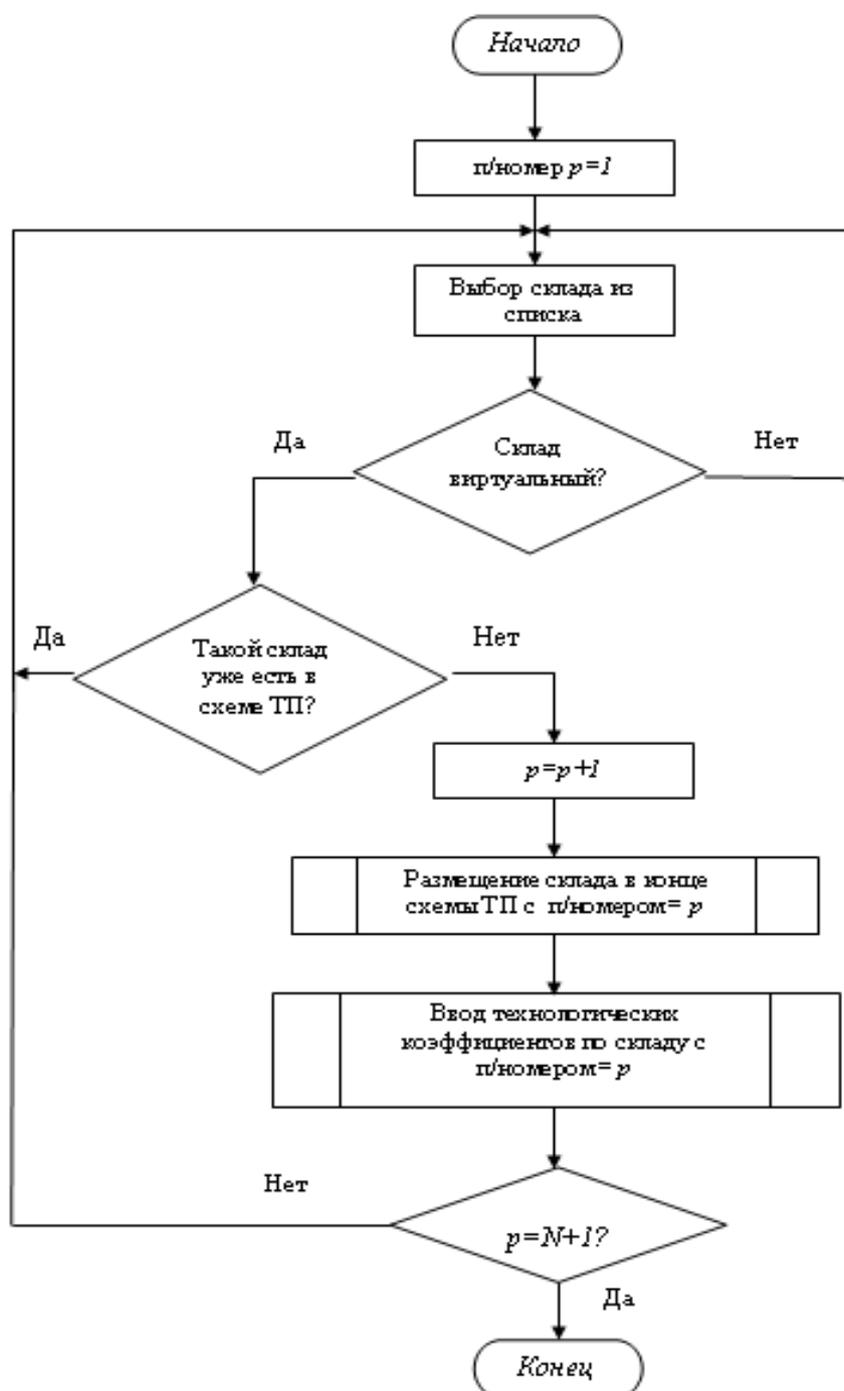


Рисунок 1.13 – Блок-схема алгоритма построения объектно-структурной модели  $N$ -этапного производственного процесса

Алгоритм выполнения транзакции учёта готовой продукции в многоэтапном производственном процессе будет иметь вид, представленный на рисунке 1.13.

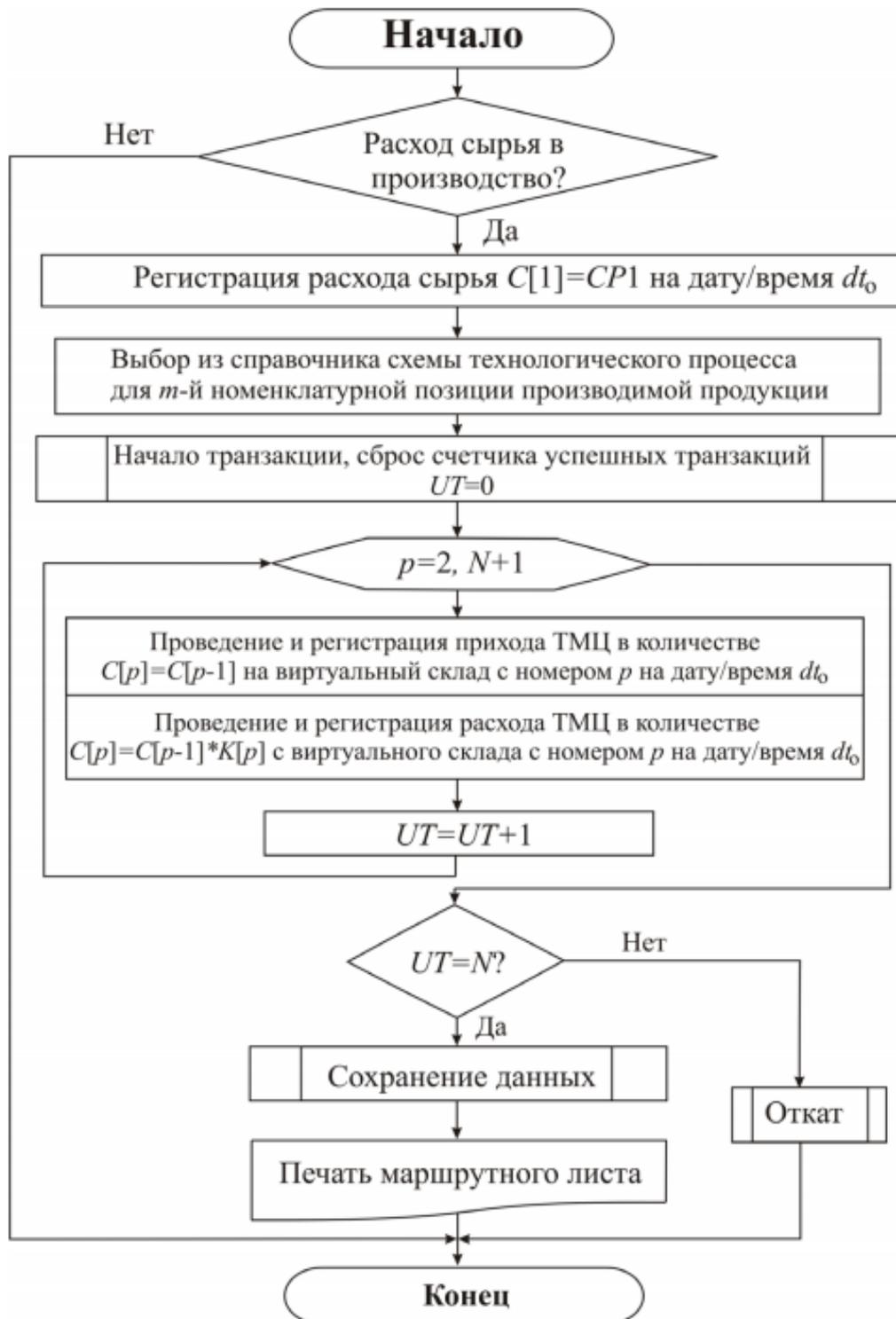


Рисунок 1.13 – Алгоритм транзакции учета готовой продукции в многоэтапной производственной системе

Описанные в модели и алгоритмы могут использоваться для обработки учетно-аналитической информации в многоэтапных системах производства готовой продукции.

### **Выводы по главе 1**

1. Центральное место в обработке информационного потока принадлежит разновидности управленческого учета, производственному учету, основное предназначение которого заключается в обеспечении ведущего менеджмента предприятия учетно-аналитической информацией для принятия управленческих решений по обеспечению эффективности производства.

2. Ключевой концепцией производственного учета является оценка запасов ТМЦ, опирающаяся на понятие балансовой модели.

3. Основным преимуществом метода объектно-структурного моделирования является возможность установить связь между структурой производственного процесса и выполняющими обработку материального (информационного) потока объектами.

4. Для разработки моделей и алгоритмов проблемно-ориентированных АСОУИ многоэтапных производственных процессов используется объектно-структурный подход, основанный на интеграции онтологического, автоматного и объектно-ориентированного подходов.

5. Как следует из математической модели нормативных потерь, для обеспечения их качественного учета на этапах необходимо установить правильные значения нормативных коэффициентов выпуска продукции на виртуальных агрегатах каждого этапа объектно-структурной модели АСОУИ.

## Глава 2 Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности

### 2.1 Операционная страховая деятельность как многоэтапная производственная система

Представление бизнес-процессов операционной деятельности страховой компании как многоэтапных процессов производства страховых услуг («страхового производства») основано на результатах анализа работ в области управления операционной деятельностью страховой компании и организации страхового учета.

Так, на рисунке 2.1 представлена схема многоступенчатого андеррайтинга [23].



Рисунок 2.1 – Блок-схема двухступенчатого андеррайтинга

Бизнес-процессы заключения и сопровождения договоров страхования описываются в виде последовательности следующих операций:

- 1) получение заявления и анкеты клиента;
- 2) оформление договора страхования страховым агентом;
- 3) согласование договора с андеррайтером;
- 4) проверка договора и полиса страхования менеджером агентской группы;
- 5) ввод договора в АИС страхового учета;
- 6) пролонгация договора страхования;
- 7) заключение дополнительных соглашений.

Типовой бизнес-процесс урегулирования убытка имущественного страхования состоит из следующих операций:

- 1) прием, анализ и проверка заявления о страховом случае;
- 2) осмотр объекта страхования;
- 3) оценка убытка;
- 4) принятие решение о выплате или отказе в выплате;
- 5) страховая выплата.

На многоэтапном представлении бизнес-процесса урегулирования убытков построена обработка выплатных дел во многих отраслевых ИТ-решениях.

Следует напомнить, что страховой учет представляет собой процесс сбора и обработки информации страховых документов (договоров страхования, страховых полисов, выплатных дел и др.).

Это дает основание для представления страхового учета в виде Workflow-модели страхового производства.

Сопоставление категорий данных производственного и страхового учетов в таблице 2.1 позволяет установить между ними прямую аналогию.

Таблица 2.1 – Сопоставление категорий данных производственного и страхового учетов

Производственный учет	Страховой учет
<i>Номенклатурная позиция</i>	
любая уникальная производимая или закупаемая деталь, материал, полуфабрикат, сборочная единица или готовый продукт	тип и номер страхового документа (например, серия и номер страхового полиса)
<i>Спецификация</i>	
список всех материалов и полуфабрикатов, которые применяются для производства данной номенклатурной позиции, с указанием норм их расхода	списки используемых документов страхового учета, описание их формата и структуры данных (содержатся в Правилах по видам страхования).
<i>Технологический маршрут (схема)</i>	
информация, описывающая способ производства данной номенклатурной позиции	технология и логистика страхового учета

Технология страхового учета – это правила учета, определяющие, какие параметры в какой компоненте информационной системы должны быть учтены. Технология учета устанавливается программными способами при создании информационной системы и изменяется при ее доводке.

При определении технологии основополагающим фактором являются нормативные документы и внутренний документооборот страховой компании.

Логистика страхового учета представляет собой последовательность учетных действий, которая определяет, в каком порядке должны быть

обработаны страховые документы и внесены учетные записи, зависит от внутреннего документооборота страховщика и описывается в виде технологических учетных схем (рисунок 2.2).

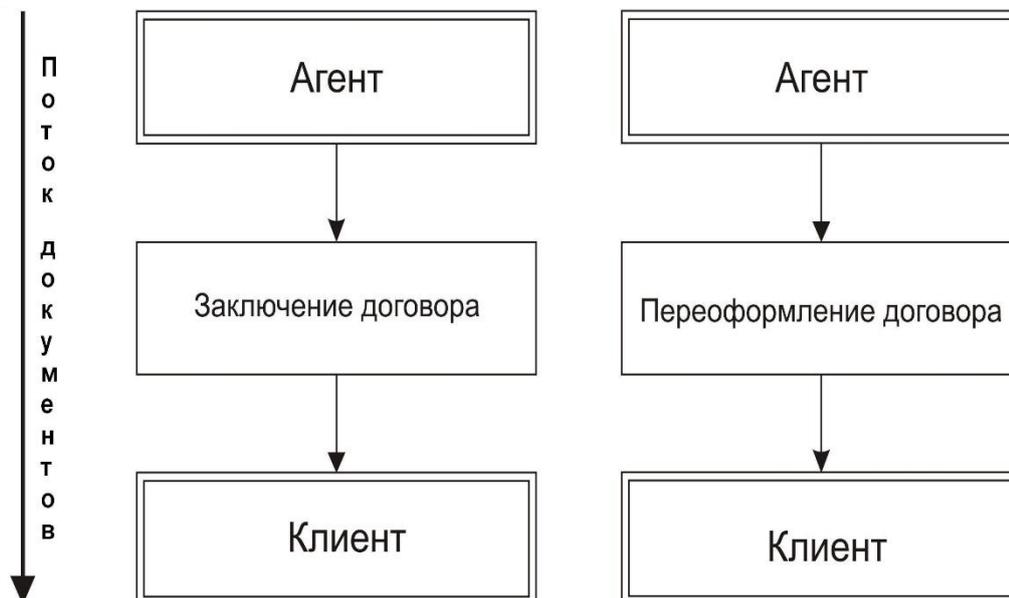


Рисунок 2.2 – Примеры логистических цепей страхового учета

Важным дополнением к ним является условная классификация исполнителей бизнес-процессов страхового документооборота:

– операционисты, непосредственно участвующие в процессе создания и редактирования учетных страховых документов. К ним относятся клиенты, страховые агенты, эксперты по урегулированию убытков и операторы ЭВМ страховой компании.

– инспекторы, в задачи которого входят проверка правильности оформления, акцепт и передача на хранение учетных страховых документов. Функции инспектора обычно выполняют специалисты контрольно-ревизионной службы, андеррайтеры и менеджеры агентских групп страховой компании;

– архивариусы, функции которых состоят в получении учетных документов на хранение, приеме новых партий и выдаче бланков строгой

отчетности (БСО) в розничный оборот и т.п. Задачи архивариуса в страховой компании может решать, например, бухгалтер-кассир;

– аналитики, обеспечивающие формирование аналитических и статистических отчетов, функции которых, как правило, выполняют сотрудники планово-экономической службы страховой компании.

Стоит отметить, что описания технологии учета и технологических учетных схем содержатся в учетных политиках страховых компаний.

Таким образом, бизнес-процессы операционной деятельности страховой компании соответствуют всем признакам многоэтапных производственных процессов, что позволяет использовать объектно-структурный подход в качестве методологической основы построения страховых АСОУИ.

Для описания технологической онтологии операционной страховой деятельности введены нижеследующие базовые семантические концепты, каждому из которых соответствует определенный класс реальных и виртуальных объектов учетной транзакции:

– «Страховой документ» – активный документ, задействованный в операционном бизнес-процессе (страховой полис, выплатное дело и т.д.). Страховой документ имеет конечное множество статусов, определяемых жизненным циклом документа;

– «Страховой инспектор» – лицо, обеспечивающее контроль страховых операций или выявление потенциальных рисков и выработка решений о принятии риска на страхование (андеррайтер, контроль-менеджер);

– «Страховой оператор» – лицо, участвующее в создании и обработке страховых документов (агент, эксперт отдела выплат);

– «Страховой портфель» – репозиторий страховых документов (портфолио страхователя, портфолио страховщика).

На основе выше перечисленных классов в нотации UML разработаны паттерны проектирования страховых АСОУИ, модели наследования которых представлены на рисунке 2.3.

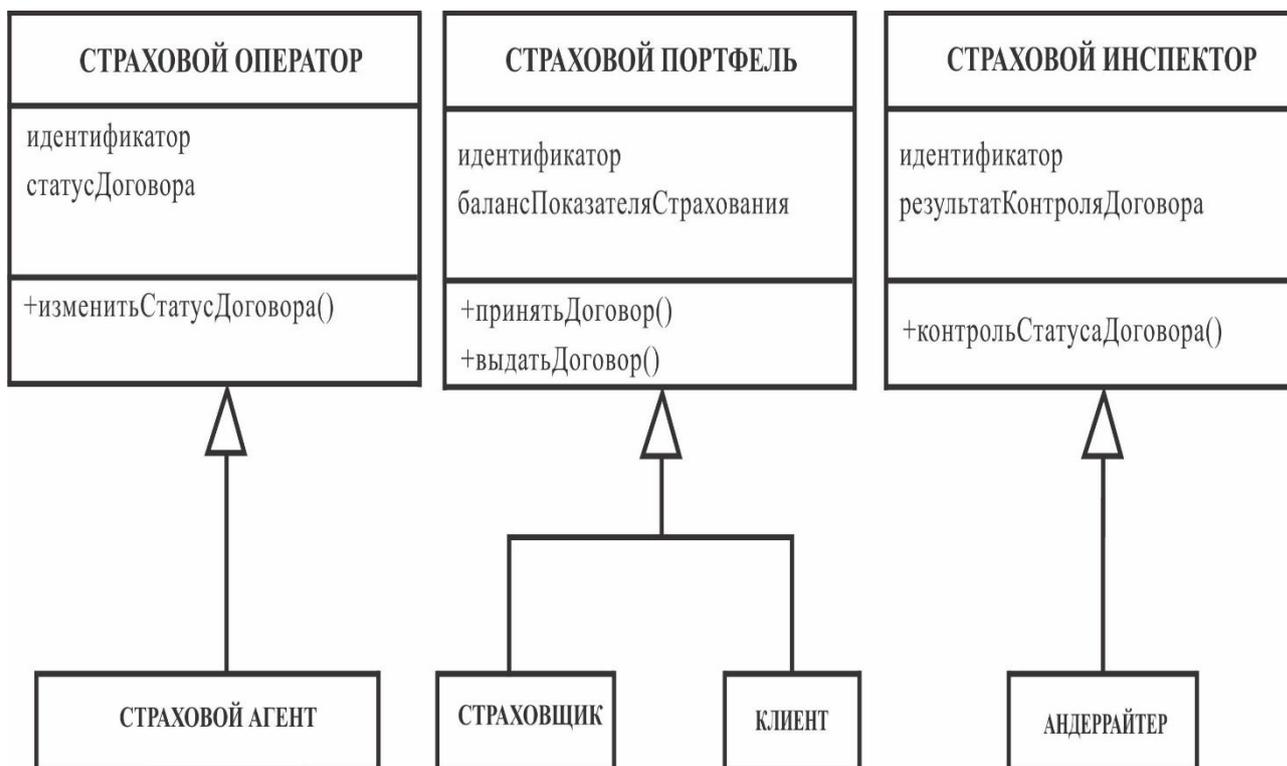


Рисунок 2.3 – UML паттерны проектирования страховых АСОУИ

Правила поведения вышеперечисленных классов объектов определяются аксиомами транзакций производственной онтологии и правилами ведения страховой деятельности в конкретной страховой компании, включая описания жизненных циклов страховых документов.

## 2.2 Специфические особенности страхового учета

Существенный вклад в изучение проблем организации и автоматизации страхового учета внесли Н.Б. Грищенко, А.А. Кварандзия, Т.А. Плахова и др.

В операционной страховой деятельности задействованы поток страховых услуг и сопровождающие его финансовый и информационный потоки [Грищ].

Поток страховых услуг представляет собой поток операций по продаже и послепродажного обслуживания страховых продуктов.

Поток страховой финансовой информации представляет собой поток наличных и безналичных денежных средств, используемых в процессе реализации страховых услуг.

Поток страховой информации представляет собой поток информационных элементов: документов и магнитных носителей, сопровождающих процессы предоставления страховых услуг, и состоит, соответственно, из двух взаимосвязанных потоков: потока финансовой информации и потока управленческой информации.

Центральное место в обработке информационного потока принадлежит страховому учету, основное предназначение которого заключается в обеспечении ведущего менеджмента страховой компании оперативной информацией, необходимой для анализа и выработки правильных управленческих решений.

Как следует из представленной на рисунке 2.4 контекстной диаграммы потоков данных (DFD), в страховых операциях участвуют *Страховщик*, *Страховой агент* и *Клиент* (страхователь).

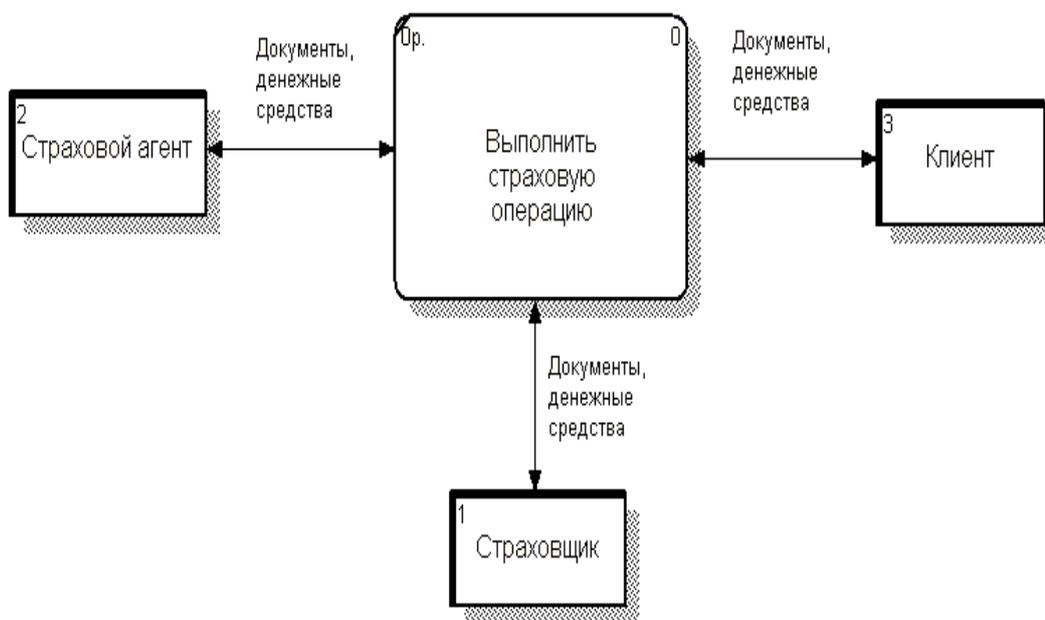


Рисунок 2.4 – Контекстная диаграмма потоков данных страховой операции

В работе [2] отмечено, что «страховой учет – одна из сложнейших, если не самая сложная из предметных областей учета», и приведены его основные положения:

– предмет страхового учета – страховые операции, осуществляемые страховщиком и связанные с ними документы и субъекты учета;

– задача страхового учета – полный, достоверный и своевременный учет страховых операций и страховых документов, их сохранение, анализ и предоставление страховщику на основе сохраненных и обработанных данных аналитической и статистической отчетности, выработка прогнозов и рекомендаций, формирование учетных регистров и страховых резервов;

– объекты страхового учета – учетные записи, внесенные на основании учетных страховых документов;

– учетным страховым документом считается любой документ, принятый к учету для совершения учетной записи;

– субъекты страхового учета – страховщик, его обособленные подразделения, лица, играющие различные роли в его производственном процессе, а так же объекты страхования и объекты страхового интереса.

К учетным страховым документам относятся: заявление клиента о страховании, договор страхования, страховой полис (бланк строгой отчетности – БСО), выплатное дело, заявление о страховом событии, страховой акт, представление на выплату страхового возмещения, слип (договор факультативного перестрахования), бордеро (облигаторное перестрахование) и другие документы, определяемые спецификой ведения страховой деятельности в конкретной компании.

К финансовым документам страхового учета относятся: квитанция на оплату страховой услуги (также является БСО), платежное поручение, приходный и расходный кассовые ордера.

Основным документом страхового учета является договор страхования.

Договор страхования заключается при посредничестве Страхового агента между Страховщиком и Клиентом на основании письменного заявления последнего, составляемого по стандартной форме в соответствии с Правилами страхования.

Структура данных типового договора страхования ДС может быть представлена в виде совокупности:

$$ДС = (СК, УС, ПС, СА, КЛ, ОС, РС), \quad (2.1)$$

где СК – данные страховой компании (регистрационный номер, наименование и т.д.);

УС – условия страхования (вид страхования, страховая сумма, страховая премия, срок страхования и т.д.);

ПС – данные страхового полиса (серия, номер и дата выдачи);

СА – данные агента (табельный номер, фамилия, имя, отчество и т.д.);

КЛ – данные клиента (ФИО, дата рождения, серия и номер документа, подтверждающего личность клиента, и т.д.);

ОС – данные объекта страхования (вид, страховая стоимость, регистрационные данные и т.д.);

РС – описание страховых рисков (пожар, несчастный случай, дорожно-транспортное происшествие и т.д.)

Операции по послепродажному страховому сопровождению, в том числе выплата страхового возмещения, производятся по действующим договорам страхования, для которых соблюдается условие:

$$ДНД < ДО < ДОД, \quad (2.2)$$

где ДНД – дата начала срока страхования;

ДОД – дата окончания срока страхования;

ДО – дата операции или события.

Страховое возмещение (выплата), решение по которому принимаются при урегулировании убытка, осуществляется страховой компанией страхователю при наступлении страхового случая и в соответствии с условиями договора страхования.

Основным документом учета убытков является выплатное дело.

Структура данных типового выплатного дела ВД имеет вид:

$$ВД = (СС, ЗУ, АВ), \quad (2.3)$$

где СС – реквизиты страхового события;

ЗУ – реквизиты заявленного убытка;

АВ – реквизиты акта о страховом возмещении.

Страховой учет организуется по методу начисления, при котором страховые премии и убытки учитываются в момент возникновения страховых обязательств, а не в момент фактического получения или выплаты денежных средств.

Поток страховых услуг, финансовый и информационный потоки асинхронны, поэтому возможны расхождения между датами предоставления услуги, датами начисления денежных средств и датами проведения документов страхового учета.

При этом важно соблюдать строгую хронологическую последовательность указанных дат.

Среди специфических особенностей страхового учета рисков видов страхования следует выделить ограниченные возможности для использования балансовых моделей при его организации, обусловленные «функционированием участников операционной страховой деятельности в условиях вероятностной неопределенности» [5].

### **2.3 Страховая учетно-аналитическая информация**

Страховая учетно-аналитическая информация относится к категории финансово-управленческой информации, что обусловлено ее свойствами:

- страховая учетно-аналитическая информация накапливается в течение продолжительного периода времени и используется для решения задач анализа деятельности и выработки управленческих решений в страховой компании;

- основными учетными реквизитами страховой учетно-аналитической информации являются страховая сумма, премия и выплата по договору страхования, выраженные в денежных единицах.

Как разновидность финансовой и управленческой информации страховая учетно-аналитическая информация должна отвечать следующим требованиям качества:

- достоверность;
- ценность;
- полнота;
- хронологическая упорядоченность.

Следует выделить специфические особенности страховой учетно-аналитической информации как объекта компьютерной обработки, ключевыми из которых являются следующие:

- генерация информации в момент возникновения страховых отношений или событий;
- непрерывное обновление информации в процессе страховой деятельности;
- регулярная и строгая обработка данных, которая, как правило, предполагает выполнение несложных арифметических или логических операций (группировка, унификация, форматирование, слияние и поиск) над учетными показателями;
- обработка больших массивов данных в условиях повторяющихся, но относительно простых и кратковременных процессов;
- длительный период хранения исторических данных (по некоторым учетным группам договоров страхования – до 5 лет);
- восходящий и нисходящий информационные потоки (от страховых агентов к андеррайтерам или менеджерам и в обратном направлении).

Выявленные особенности страховой учетно-аналитической информации накладывают определенные требования на организацию информационных потоков и на используемые системы обработки данных в страховой деятельности.

#### **2.4 Математическая модель обработки страховой учетно-аналитической информации**

В формализованном виде модель -этапной обработки страховой учетно-аналитической информации можно рассматривать как последовательную

дискретно-событийную сеть, состоящую из конечных автоматов, описывающих технологические объекты обработки страховой информации.

На рисунке 2.5 изображена модель обработки страховой информации, построенная в виде сети из взаимодействующих конечных автоматов со шкалой времени, образованной метками учетной транзакции  $\tau_0, \tau_1, \tau_2, \dots, \tau_N$  [14].

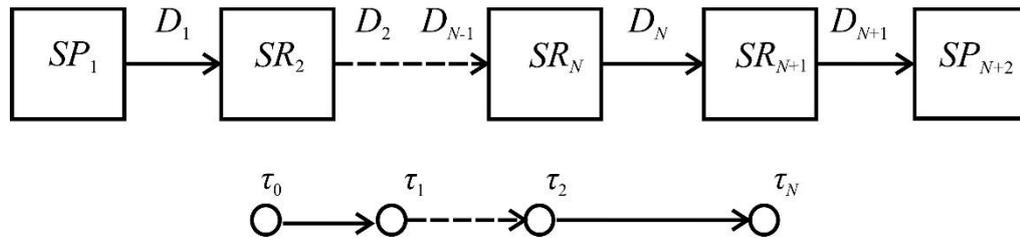


Рисунок 2.5 – Объектно-структурная модель -этапной обработки страховой информации

В рамках учетной транзакции автоматы могут взаимодействовать по описанному принципу автодвижений документа: изменение состояния автомата обусловлено выходным воздействием предыдущего автомата, которое формируется при изменении состояния указанного автомата.

Таким образом, транзакция страхового учета активизируется при поступлении на вход модели данных страхового документа, одним из которых является его статус документа, и далее выполняется по принципу автодвижений.

Представленную модель можно абстрактно описать как конечный автомат вида:

$$A = \langle D_1, D_{N+1}, Z, \alpha, \beta \rangle, \quad (2.4)$$

где  $DC_1 \in D_1$  – статус документа на входе сети;

$DC_{N+1} \in D_{N+1}$  – статус документа на выходе сети;

$Z$  – конечное множество состояний автомата  $A$ ;

$\alpha, \beta$  – функции переходов и выходов автомата  $A$ , которые представляющие собой композиции функций вида:

$$\alpha(d_1, z) = \alpha_{N+1}(\alpha_N(\dots(\alpha_2(d_1, z))\dots)); \quad (2.5)$$

$$\beta(d_1, z) = \beta_{N+1}(\beta_N(\dots(\beta_2(d_1, z))\dots)),$$

где  $\alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{N+1}$  и  $\beta_2, \beta_3, \dots, \beta_{N+1}$  – функции переходов и выходов конечных автоматов – элементов рассматриваемой сети;

$$d_1 \in D_1, z \in Z.$$

Если допустить, что в процессе выполнения транзакции изменениям подвергается только статус страхового документа, динамическая модель полученной сети для любого такта  $t = 1, 2, \dots, T$  описывается следующим образом:

$$z(t) = \alpha[(dr_1(t), dc_1(t)), z(t-1)] \quad (2.6)$$

$$dc_{N+1}(t) = \beta[(dr_1(t), dc_1(t)), z(t)]$$

При выполнении учетной транзакции таблица изменения параметров автомата  $A$  (таблица 2.2) будем иметь следующий вид:

Таблица 2.2 – Динамика параметров автомата  $A$  при выполнении учетной транзакции ( $z_2, z_3, \dots, z_{N+1}$  – состояния конечных автоматов – элементов рассматриваемой сети)

Параметр/Метка транзакции	$\tau_1$	$\tau_2$	...	$\tau_N$
$z_\tau$	$z_2$	$z_3$	...	$z_{N+1}$
$\delta_\tau$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	...	$\alpha_{N+1}$
$\lambda_\tau$	$\beta_2$	$\beta_3$	...	$\beta_{N+1}$
$dc_\tau$	$dc_2$	$dc_3$	...	$dc_{N+1}$

Таким образом, математически задача оптимизации обработки страховой учетно-аналитической информации может быть описана как задача обхода ориентированного графа переходов статуса страхового документа конечным автоматом  $A$  по детерминированному пути при ограничениях, накладываемых спецификой конкретного вида страхового учета [4].

В памяти ЭВМ модель обработки страховой информации может быть описана в виде упорядоченного массива вида:

$MA: array [1..N + 2] of DC$ , где  $DC$  – тип данных, определяющий конечное множество состояний страхового документа.

Индексы элементов массива представляют собой номера узлов в модели обработки учетно-аналитической информации.

## **2.5 Разработка алгоритмов обработки страховой учетно-аналитической информации**

В страховых АСОУИ высокая достоверность информации обеспечивается подсистемой валидации входных данных (ПВД).

Как следует из вышеизложенного, задачей страховой АСОУИ является изменение статуса обрабатываемого страхового документа в соответствии с бизнес-правилами страхового учета конкретного вида.

Вполне очевидно, что отклонения от установленных таблицей или графом переходов состояний страхового документа возможны только при нарушении указанных бизнес-правил.

Таким образом, решение задачи валидации входных данных страховой АСОУИ может быть сведено к проверке последней на предмет выполнения бизнес-правил страхового учета.

Рассмотрим известные подходы к решению данной задачи.

В работе [30] рассматривается метод моделирования бизнес-правил с помощью языка UML, основанный на возможности построения моделей бизнес-правил с помощью сценариев использования и диаграмм класса.

Достоинством данного метода является возможность проверки бизнес-правил на достоверность еще до создания системы.

Однако следует заметить, что разработанные на основе этого метода модели бизнес-правил больше ориентированы на соблюдение принципов целостности данных и слабо связаны со спецификой конкретной предметной области, что ограничивает возможности их применения для страховых АСОУИ.

В работе [45] описывается подход к проверке бизнес-правил, ориентированных на решение практических задач, связанных, в том числе, с управленческим учетом. В частности, рассматриваются бизнеса-правила, основанные на балансовой модели (Resource balancing rules).

Соответственно для формализации бизнес-правил предлагается язык бизнес-правил, построенный на основе абстрактной грамматики и использующий такие термины Workflow-нотации, как «задача, сценарий, агент и ресурс», которые согласуются с базовыми терминами учетной REA-модели. По мнению разработчиков подхода, высокая эффективность проверки бизнес-правил достигается благодаря использованию при их моделировании аппарата на основе сетей Петри, однако при этом признается ограниченность классов проверяемых бизнес-правил и сложность их реализации на уровне ИТ-решения.

Наиболее предпочтительными представляются программно-логические методы контроля данных, основанные на том, «что при составлении процедур обработки в них предусматривают дополнительные операции, имеющие математическую или логическую связь с алгоритмом обработки данных».

Как было отмечено выше, в страховых АСОУИ с этой целью используются алгоритмы валидации входных данных, основанные на принципах форматно-логического контроля электронных документов и существующей практике построения средств контроля информации на основе коммутаторов данных.

Так, в подсистемах АИС РСА и ЕАИС БСИ форматно-логическому контролю подвергаются сведения по договорам, БСО и выплатам ОСАГО и КАСКО, передаваемые из АСОУИ страховых компаний в указанные подсистемы в виде XML-посылок (<http://www.autoins.ru>).

Правила форматно-логического контроля могут изменяться в соответствии с изменениями нормативно-законодательной базы данного вида страхования.

Выполним формализацию задачи построения страховой АСОУИ, обеспечивающей требуемый уровень достоверности данных.

В АСОУИ с валидацией данных осуществляется преобразование вида:

$$M = \pi^a, P^a, \text{ПВД}, \quad (2.7)$$

где  $\pi^a$  – функция, устанавливающая соответствие между входными ( $X$ ) и выходными данными ( $Y$ ) ПВД для  $a$ -го вида страхового учета;

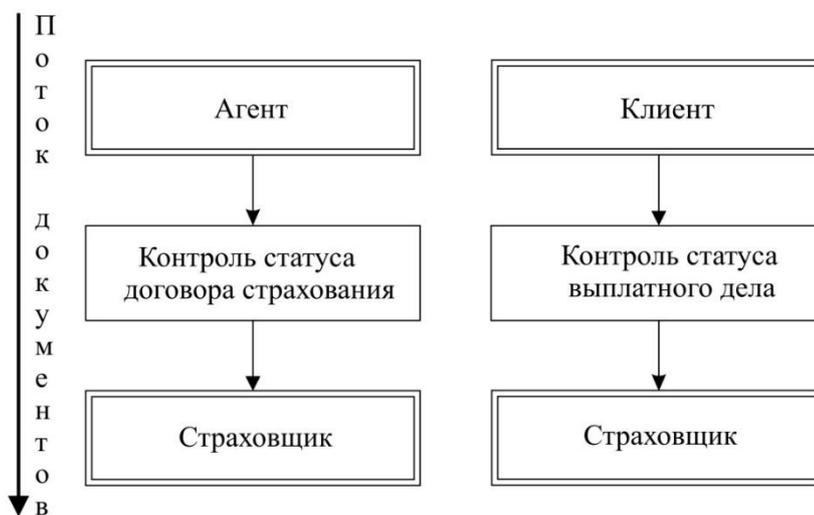
$P^a$  – события, инициирующие возникновение ФЛО в документе  $a$ -го вида страхового учета.

Математическая модель ПВД описывается в виде булевой функции:

$$y_t = \pi^a(a_t), p_t^a = \begin{cases} 0, & \text{если обнаружена ФЛО} \\ 1, & \text{для других случаев} \end{cases} \quad (2.8)$$

Адекватность модели и алгоритмов валидации данных устанавливается опытным путем.

Примеры логистических цепей процесса контроля данных страхового учета, ориентированные по потоку страховых документов (договор страхования, бланк строгой отчетности, выплатное дело и т.д), изображены на рисунке 2.6.



Рисунке 2.6 - Логистические цепи процесса контроля данных страхового учета

Структурно-функциональная модель ПВД изображена на рисунке 2.7.

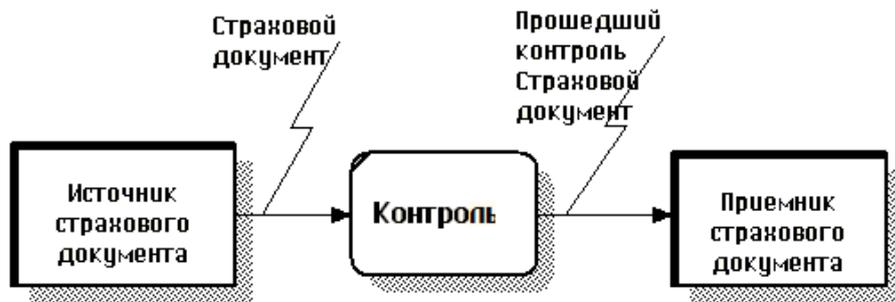


Рисунок 2.7 – Структурно-функциональная модель ПВД

Объектно-структурная модель ПВД страхового учета может быть представлена как последовательная сеть с автоматным предикатом (рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Модель валидации данных страхового учета с автоматным предикатом

Автоматный предикат  $SK_n$ , функцию которого выполняет объект «Страховой инспектор», обеспечивает проверку бизнес-правил страхового учета определенного вида и в случае обнаружения ошибок инициирует отмену (откат) учетной транзакции.

Данную сеть можно описать как автомат вида:

$$A = \langle D_1, D_n, ZI, vi, fi \rangle, \quad (2.9)$$

где для любого  $n = 2, 3, \dots, N + 1$ :

$D_1$  – данные страхового документа на входе автоматного предиката;

$D_n = \{0; 1\}$  – выходы автоматного предиката;

$ZI$  – конечное множество состояний автоматного предиката (0 или 1);

$vi, fi$  – функции переходов и выходов автомата соответственно.

В представленной модели задействованы объекты, участвующие в процессе валидации данных:

–  $SP_1, SP_{N+2}$  – объекты – страховые портфели клиента, агента и страховой компании;

–  $SK_n$  – объект - «Страховой инспектор», который обеспечивает проверку статуса обрабатываемого документа.

Указанный объект для любого момента времени  $t = 1, 2, \dots, T$  моделируется как конечный автомат вид, поведение которого может быть описано следующим образом:

$$ri\ t = vi\ xi\ t, \varphi\ di, zb\ t - 1, ed\ t, \quad (2.10)$$

где  $ri \in RI$  – результат проверки документа (начальное состояние - 0);

$vi \in VI$  – функция переходов автомата «Страховой инспектор», реализацией которой является алгоритм валидации данных документа;

$xi \in Xi$  – входные данные автомата «Страховой инспектор»;

$\varphi \in \Phi$  – функция изменения статусов страхового документа;

$di \in DI$  – вид обрабатываемого документа;

$zb \in ZB$  – статус обрабатываемого документа;

$ed \in ED$  – событие, которое приводит к изменению состояния обрабатываемого документа.

Рассмотрим пошаговое представление алгоритмов, используемых для валидации данных в страховой АСОУИ.

Общее описание алгоритма может быть представлено следующим образом:

*Шаг 1.* Создается граф или таблица жизненного цикла обрабатываемого документа.

*Шаг 2.* Проверяется активное состояние документа на предмет соответствия его жизненному циклу.

*Шаг 3.* При соблюдении всех условий форматно-логического контроля документа ему присваивается документу новое значение статуса согласно

таблице жизненного цикла, завершается учетная транзакция и выдается результат «1», иначе выполняет откат транзакции с выдачей результата «0».

Выделяются два вид алгоритмов, обеспечивающих контроль документов страхового учета:

1. Алгоритмы контроля учетно-аналитической информации, генерируемой договором страхования.

Отметим, что в процессе управления договорами страхования также задействованы бланки строгой отчетности (БСО) страховых полисов. В этой связи валидации данных бланков строгой отчетности выполняется совместно с валидацией данных договоров страхования.

Графы жизненных циклов договора страхования и бланка полиса представлены на рисунках 2.9, 2.10.

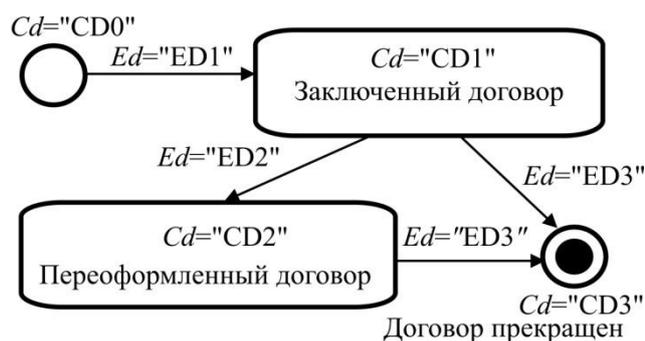


Рисунок 2.9 – Граф жизненного цикла договора страхования (*Cd* – статус)



Рисунок 2.10 – Граф жизненного цикла бланка строгой отчетности страхового полиса (*Cp* – статус БСО)

Здесь *Ed* – код события, вызывающего изменение состояния договора страхования.

Входными данными являются данные страхового документа, структура которых имеет следующий вид:

$D = (Did, Cd, Dnd, Dod, Do, Ss, Do, P, I, A, K)$  – договор страхования, где

$Did$  – идентификатор договора;

$Cd$  – код текущего статуса документа;

$Dnd$  – дата начала срока страхования;

$Dod$  – дата окончания срока страхования;

$Ss$  – страховая сумма по договору;

$Do$  – дата страховой операции.

$P = (ser, nom, Cp)$  – реквизиты страхового полиса;

$I = (Iid, Isp)$  – реквизиты страховой компании, где

$Iid$  – идентификатор;

$Isp$  – страховой портфель страховщика;

$A = (Aid, Abo)$  – реквизиты страхового агента;

$Aid$  – идентификатор;

$Abo$  – остатки бланков строгой отчетности;

$K = (Kid, Kbo)$  – реквизиты клиента;

$Kid$  – идентификатор;

$Kbo$  – остатки бланков строгой отчетности.

Ниже представлены следующие алгоритмы валидации данных в договорах страхования:

1) алгоритм заключения договора страхования ( $Ed = "ED1"$ ).

Включает следующую последовательность шагов:

*Шаг 1.* Пусть при заключении договора  $Cd = "CDO"$  («Договор отсутствует») и  $Cp = "CP1"$  («У агента»), тогда выполняется переход к следующему шагу, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 2.* В случае если в момент заключения договора  $Do$  выполняется  $P \in Abo$ , совершается переход к следующему шагу, иначе отменяем транзакцию, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 3.* Присваивается  $Cd = "CD1"$  («Закл. договор») и  $Cp = "CP2"$  («У клиента»), обеспечивается соблюдение условия  $P \notin Abo, P \in Kbo$  и  $D \in Isp$ , завершается транзакция и выдается результат «1»;

2) алгоритм валидации данных переоформления договора страхования (заключение доп. соглашения) с выдачей нового БСО полиса ( $Ed = "ED2"$ ):

*Шаг 1.* При соблюдении условия  $Cd = "CD1"$  («Закл. договор») и  $Cp = "CP2"$  («У клиента») выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 2.* При соблюдении условия  $P \in Kbo$  выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 3.* При соблюдении условия  $Dnd < Do < Dod$  (договор еще действует), выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 4.* При соблюдении условия в момент времени  $Do P_n \in Abo$ , где  $P_n = (ser_n, nom_n, Cp_n)$  – новый полис, выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 5.* Присваивается  $Cp = "CP3"$  («Недействителен»),  $Cp_n = "CP2"$  («У клиента») и  $Cd = "CD2"$  («Переоф. договор»), обеспечивается соблюдение условия  $P_n \notin Abo, P \notin Kbo$  и  $P_n \in Kbo$ , завершается транзакция и выдается результат «1»;

3) алгоритм проверки условий досрочного прекращения договора ( $Ed = "ED3"$ ):

*Шаг 1.* При соблюдении условия  $Cd = \{ "CD1", "CD2" \}$  («Закл. договор» или «Переоф. договор») и  $Cp = "CP2"$  («У клиента»), выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 2.* При соблюдении условия  $P \in Kbo$ , выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 3.* При соблюдении условия  $Dnd < Do < Dod$  (договор действующий), выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 4.* Присваивается  $Cd = "CD3"$  («ДПР») и  $Cp = "CP3"$  («Недействителен»), обеспечивается соблюдение условия  $P \notin Kbo$  и  $D \notin Isp$ , завершается транзакция и выдается результат «1».

2. Алгоритмы валидации данных учета убытков.

При учете убыток используется документ «Выплатное дело» (ВД).

Если по убытку принято решение о выплате страхового возмещения или дан обоснованный отказ, то данный заявленный убыток урегулирован.

Пример жизненного цикла ВД представлен в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Пример жизненного цикла ВД

Событие, $Eu$	Описание события	Статус, $Cu$	Описание статуса
$EU1$	Заявление клиента	$CU1$	Заявлен
$EU2$	Выплата (отказ)	$CU2$	Урегулирован

Введем следующие обозначения:

$$U = (Did, Uid, Cu, Sz, De, Dz, Sv, So, Dv) - \text{ВД по договору } Did, \quad (2.11)$$

где  $Uid$  – идентификатор;

$Cu$  – текущие состояние;

$Sz$  – заявленная сумма;

$De$  – дата страхового события;

$Dz$  – дата заявления;

$Sv$  – сумма выплаты;

$S_o$  – сумма отказа;

$D_v$  – дата выплаты.

Ниже представлены алгоритмы валидации ВД.

1) алгоритм валидации заявленного убытка ( $E_u = "EU1"$ ).

*Шаг 1.* При соблюдении условия  $D_{nd} < D_e < D_{od}$  (действующий договора), выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 2.* При соблюдении условия  $D_z \geq D_e$ , выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 3.* При соблюдении условия  $S_s \geq S_z$  выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 4.* Присваивается  $C_u = "CU1"$  («Заявлен»), обеспечивается  $U \in I_{sp}$ , завершается транзакция с выдачей результата «1»;

2) алгоритм валидации урегулирования убытка ( $E_u = "EU2"$ ).

*Шаг 1.* При соблюдении условия  $C_u = "CU1"$  («Заявлен») выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 2.* При соблюдении условия  $D_v > D_z$  выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 3.* При соблюдении условия  $S_z = S_v + S_o$  выполняется переход на следующий шаг, в противном случае выполняется откат транзакции и выдается результат «0».

*Шаг 4.* Присваивается  $C_u = "CU2"$  («Урегулирован»), завершается транзакция с выдачей результата «1».

Представленные алгоритмы реализуются на уровне бизнес-логики страховой АСОУИ.

## **Выводы по главе 2**

1. Представление бизнес-процессов операционной страховой деятельности страховой компании как многоэтапных процессов производства страховых услуг основано на результатах анализа работ в области управления операционной страховой деятельностью и организации страхового учета.

2. Ввиду того, что бизнес-процессы операционной деятельности страховой компании соответствуют всем признакам многоэтапных производственных процессов, качестве методологической основы для построения страховых АСОУИ может быть использован объектно-структурный подход.

3. В формализованном виде модель многоэтапной обработки страховой учетно-аналитической информации можно представить, как последовательную дискретно-событийную сеть, состоящую из конечных автоматов, описывающих технологические объекты обработки страховой информации.

4. Для проверки страховой учетно-аналитической информации используются алгоритмы валидации входных данных, основанные на принципах форматно-логического контроля статусов электронных документов и существующей практики построения средств контроля информации на основе автоматов-коммутаторов данных.

## **Глава 3 Оценка адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапных производственных систем**

### **3.1 Оценка адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной системы производства готовой продукции**

#### **3.1.1 Выбор средства моделирования**

Сложные производственные и логистические системы часто требуют моделирования дискретных событий, когда моделируемая система содержит потоки материалов, людей, а также стадии и этапы со сложными взаимосвязями.

Для этих приложений часто используются специальные средства моделирования.

Но многие ситуации, включая почти все приведенные выше примеры, успешно обрабатываются моделями, создаваемыми в электронной таблице с использованием Microsoft Excel [16].

Это минимизирует затраты на разработку имитационной модели, поскольку разработчик может применить свои навыки работы с таблицами для создания модели в этом доступном табличном процессоре.

Простые задачи легко описать на моделях электронных таблиц.

В табличном процессоре Microsoft Excel имеется возможность решения широкого круга проблем, в том числе с помощью встроенного языка Visual basic for Application (VBA).

В процессе прогона модель создает множество статистических данных, которые необходимо проанализировать с помощью соответствующих инструментов.

MS Excel позволяет легко решать данные проблемы, обеспечивает визуализацию результатов эксперимента с помощью графиков и диаграмм, анализ чувствительности и параметризованные имитации.

Еще более мощный метод моделирования (помимо параметризованного), заключается в использовании метода моделирования для решения задач оптимизации, а именно для автоматического поиска оптимального значения одной или нескольких переменных, которые можно контролировать.

Иными словами, можно выполнять на компьютере параметризованные имитации для различных комбинаций значений переменных, добиваясь наилучшего сочетания этих значений для выбранных критериев оптимизации.

С учетом вышеизложенного для разработки моделей обработки учетно-аналитической информации выбран табличный процессор MS Excel.

В MS Excel задачи оптимизации решаются с помощью надстройки «Поиск решения».

Поиск решения или оптимизаторы – это программное средство, которое помогает пользователям определить наилучший способ распределения ограниченных ресурсов.

В каждом конкретном случае несколько решений должны приниматься наилучшим образом, одновременно удовлетворяя ряду требований (или ограничений).

Лучшее или оптимальное решение может означать максимизацию прибыли, минимизацию затрат или достижение наилучшего качества.

Возможным решением является набор значений для переменных решения, которые удовлетворяют всем ограничениям в задаче оптимизации.

Набор всех возможных решений определяет допустимую область задачи.

Большинство алгоритмов оптимизации работают, сначала пытаются найти любое возможное решение, а затем попытаются найти другое (лучшее) возможное решение, которое улучшает качество целевой функции.

Этот итеративный процесс, который повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто оптимальное значение или не будут выполнены некоторые другие критерии остановки.

«Поиск решения» является частью набора функций, иногда называемых инструментами анализа “What if?” (Что, если?), используемых для оптимизации проблем, которые содержат более одной переменной.

Иными словами, утилита надстройки «Поиск решения» необходима для анализа сценариев в ситуациях принятия решений, которые включают рассмотрение значений и ограничений для нескольких переменных одновременно.

Инструмент «Поиск решения» очень полезен для модификации ограничений для оценки новых целей и возможностей.

В «Поиске решения» используются следующие три метода (алгоритма) решения оптимизационных задач:

- GRG Nonlinear (метод приведенного градиента);
- Evolutionary (эволюционный или генетический алгоритм);
- Simplex LP (симплекс метод для решения линейных задач).

Рассмотрим особенности каждого алгоритма:

#### 1. Метод приведенного градиента.

В своей основной форме этот метод решателя «Поиска решения» рассматривает градиент или наклон целевой функции при изменении входных значений (или переменные решения) и определяет, что он достиг оптимального решения, когда частные производные равны нулю.

Из двух нелинейных методов решения GRG Nonlinear является самым быстрым.

Недостатком является то, что решение, получаемое помощью этого алгоритма, сильно зависит от начальных условий и не может быть глобальным оптимальным решением.

Иными словами, «Поиск решения», остановится на локальном оптимальном значении, ближайшем к начальным условиям, что даст решение, которое может быть оптимизировано или не оптимизировано глобально.

## 2. Эволюционный алгоритм.

Эволюционный алгоритм более устойчив, чем GRG Nonlinear, поскольку позволяет найти глобально оптимальное решение.

Однако этот метод решения также очень медленный.

Эволюционный метод основан на теории естественного отбора, который хорошо работает в этом случае, потому что оптимальный результат был определен заранее.

Иными словами, поиск решения начинается со случайной совокупности наборов входных значений. Эти наборы входных значений подключаются к модели, и результаты оцениваются относительно целевого значения.

Множества входных значений, которые приводят к решению, наиболее близкому к целевому значению, выбираются для создания второй популяции «потомство». Отпрыск – это «мутация» этого наилучшего набора входных значений из первой популяции.

Затем оценивается вторая популяция и выбирается победитель для создания третьей популяции.

Это продолжается до тех пор, пока в целевой функции не будет очень мало изменений от одной популяции к следующей.

Этот процесс очень трудоемкий, так как каждый член популяции должен оцениваться индивидуально. Кроме того, последующие «поколения» заполняются случайным образом вместо использования производных и наклона целевой функции, чтобы найти следующий лучший набор значений.

## 3. Симплекс метод для решения задач линейного программирования.

Данный метод имеет ограниченные возможности, так как может применяться только к задачам, содержащим линейные функции.

Тем не менее, он очень надежный, потому что решение, полученное методом Simplex LP, всегда является глобально оптимальным решением.

Алгоритм Simplex LP реализован в «Поиске решения» на основе метода ветвей и границ.

Метод ветвей и границ (Branch and bound method) был предложен в 1960 году А. Лендом и А. Дойгом для решения задач ЦАП [34].

Идея метода ветвей и границы на самом деле очень проста: для любой возможной оптимизации предположим, что допустимая область  $\Omega$  может быть разделена на две части:  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$ , т.е.  $\Omega = \Omega_1 + \Omega_2$ .

Далее, предположим, что мы можем оптимизировать целевую функцию по  $\Omega_1$  и  $\Omega_2$  и получить оптимальные параметры  $x_1, f_1$  и  $x_2, f_2$  для их соответствующих оптимальных значений и оптимальных точек соответственно.

Тогда оптимальным значением для исходной оптимизации является минимум  $f_1$  и  $f_2$ .

Оптимальной точкой является также ее соответствующая точка между  $x_1$  и  $x_2$ .

Процесс деления допустимой области на две части называется ветвлением.

Одним из способов ветвления является использование гиперплоскостей и полупространств.

Возьмем полупространство  $H = \{x | a^T x + b \geq 0\}$ , где  $a$  и  $b$  произвольные переменные.

Тогда  $\Omega_1 = \Omega \cap H$  и  $\Omega_2 = \Omega \cap H^c = \Omega \setminus H$  могут быть ветвями.

Основным преимуществом такого типа ветвления является то, что после ветвления для ЦЛП результирующая оптимизация по-прежнему является целочисленной и линейной.

Нет строгого правила выбора полупространства, но есть некоторые эвристические правила ветвления. Это означает, что мы используем некоторые правила ветвления, которые кажутся подходящими, но у нас нет математического аргумента в их пользу.

Эвристические правила часто просто называются эвристиками. Основная проблема с целыми оптимизациями заключается в том, что они вообще не

могут быть точно решены даже после ветвления. Однако релаксация и округление ЛП могут обеспечить верхнюю и нижнюю границы для оптимизации ЦПП. Возьмем пример минимизации.

Релаксация ЛП дает нижнюю границу, а приближенное решение (полученное, например, округлением решения ЛП) дает верхнюю границу.

Предположим, что для исходной задачи релаксация и округление ЛП дают  $u$  и  $l$  как верхнюю и нижнюю границы соответственно. Предположим также, что мы выполняем линейное ветвление и получаем две ограниченные оптимизации, которые снова являются ЦПП и могут быть приблизительно решены релаксацией ЛП.

Предположим, что релаксация ЛП по ветвям дает границы  $u_1, l_1$  и  $u_2, l_2$  соответственно.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Значение  $\min(u, u_1, u_2)$  является новой верхней границей исходной оптимизации. Мы можем выбрать оптимальное округленное решение, соответствующее минимуму, как «лучшее решение до сих пор».

2. Если нижняя граница  $l_2$  больше (и не равна) верхней границе  $\min(u, u_1)$ , то оптимальное решение не находится в области  $\Omega_2$ .

Иными словами, идея метода ветвей и границ заключается в том, чтобы последовательно разбить допустимую область на более мелкие кусочки и использовать нижние границы релаксации ЛП, чтобы отбросить некоторые области выше.

Методом ветвей и границ удобно решать такие задачи целочисленного программирования, в которых число неизвестных невелико либо требования целочисленности относятся не ко всем неизвестным [31].

Как было отмечено выше, для тех неизвестных, к которым относится требование целочисленности, нужно определить границы, в которых могут находиться значения этих неизвестных. Затем решаются соответствующие задачи линейного программирования.

Задание границ, в которых должны находиться значения неизвестных в задаче целочисленного программирования, можно записать следующим образом:

$$\alpha_j \leq x_j \leq \beta_j \quad (3.1)$$

На практике во многих случаях границы значений неизвестных уже включены в систему ограничений задачи целочисленного программирования или же их можно определить исходя из экономического содержания задачи.

Иначе можно принять, что нижняя граница  $\alpha_j = 0$ , а верхняя граница  $\beta_j = M$ , где  $M$  – достаточно большое положительное число.

Для уточнения допустимых границ значений неизвестных сначала решается, например, симплекс-методом задача линейного программирования, соответствующая задаче целочисленного программирования.

Пусть найден оптимальный план в этой задаче и значением какой-либо его координаты  $x_k$  является дробное число. Тогда потребуется составить две новые задачи линейного программирования.

Обозначим целую часть координаты  $x_k$  в виде  $[x_k]$ . В одной из новых задач линейного программирования нижней границей значения координаты  $x_k$  будет число  $[x_k] + 1$ , то есть:

$$x_k + 1 \leq [x_k] \leq \beta_k \quad (3.2)$$

В другой новой задаче линейного программирования верхней границей значения координаты  $x_k$  будет сама целая часть  $[x_k] + 1$  значения координаты  $x_k$ .

Тогда получим:

$$\alpha_k \leq x_k \leq [x_k] \quad (3.3)$$

Таким образом, от первой задачи линейного программирования «ответвились» две новые задачи, в которых в которых изменились границы допустимых значений одной неизвестной.

При решении каждой из этих задач возможны три случая:

- 1) оптимальный план не является целочисленным;

- 2) оптимальный план является целочисленным;
- 3) задача не имеет решений.

Только в первом случае возможно «ответвление» новых задач способом, показанным выше. Во втором и третьем случае «ветвление» прекращается.

На каждой итерации решения задачи целочисленного программирования решается одна задача.

Введём стек решаемых задач линейного программирования.

Из стека следует выбрать задачу, решаемую на соответствующей итерации. На дальнейших итерациях стек меняется, так как решённые задачи из него будут удалены, а вместо них в стек включаются новые задачи, которые «ответвились» от предыдущих задач.

Для того, чтобы ограничить «ветвления», то есть уменьшить число решаемых задач, на каждой итерации следует определить нижнюю границу максимального значения целевой функции.

Это делается следующим образом:

- если задача задана в нормальной форме, то перед её решением нижняя граница имеет значение нуль (то есть  $c_1 = 0$ );
- если на  $p$ -й итерации найденный план не является целочисленным и максимальное значение целевой функции больше ранее установленной нижней границы, то на следующей итерации нижняя граница максимального значения целевой функции остаётся прежней (как на предыдущей итерации), то есть:

$$c_{p+1} = c_p \quad (3.4)$$

- если на некоторой итерации найденный план  $x_p$  является целочисленным и максимальное значение целевой функции, найденное вместе с этим планом  $c(x_p)$ , больше ранее установленной нижней границы, то для следующей итерации устанавливается новая нижняя граница, то есть значение  $c(x_p)$  переходит на следующую итерацию;

- если на некоторой итерации максимальное значение целевой функции, найденное вместе с этим планом ( $c(x_p)$ ), меньше ранее установленной нижней границы, то нижняя граница остаётся прежней.

Таким образом, согласно алгоритму решения задачи целочисленного программирования методом ветвей и границ, на каждой  $p$ -й итерации требуется сделать 4 шага.

*Шаг 1.* Если в стеке решаемых задач нет ни одной задачи, то задача целочисленного программирования решена. Максимальное значение целевой функции - то, которое было найдено на предыдущей итерации, оптимальный план - целочисленный план, найденный на предыдущей итерации. В противном случае следует выбрать одну из задач, имеющих в стеке.

*Шаг 2.* Решается выбранная из стека задача линейного программирования. Если задача не имеет решения или для полученного на этом шаге оптимального плана  $x_p$  значение функции цели  $c(x_p) \leq c_p$ , то следует принять  $c_{p+1} = c_p$  и выполнить шаг 1. В противном случае - перейти на шаг 3.

*Шаг 3.* Если найденный оптимальный план  $x_p$  является целочисленным, то следует принять, что  $c_{p+1} = c(x_p)$  и выполнить шаг 1. В противном случае выполнить шаг 4.

*Шаг 4.* Выбираем любую дробную координату оптимального плана  $x_p$ . Определяем целую часть координаты, составляем две новые задачи линейного программирования и включаем их в стек решаемых задач. Новые задачи отличаются от задачи, выбранной на шаге 1 только границами допустимых значений выбранной координаты.

Принимаем план  $c(x_p)$  и выполняем шаг 1.

Очень важной функцией надстройки «Поиск решения» является возможность формирования следующих отчетов:

1. Результаты. Данная опция используется для создания отчета, состоящего из целевой ячейки и влияющих ячеек модели, их исходных и

конечных значений, а также формул ограничений и дополнительных сведений о наложенных ограничениях.

2. Чувствительность. Данная опция используется для создания отчета, содержащего сведения о чувствительности решения к малым изменениям в формуле или в формулах ограничений. Такой отчет не создается для моделей, значения в которых ограничены множеством целых чисел. В случае нелинейных моделей отчет содержит данные для приведённых градиентов и множителей Лагранжа.

В отчет по линейным моделям включаются приведённые затраты, теневые цены, объективный коэффициент (с некоторым допуском), а также диапазоны ограничений справа.

3. Пределы. Данный отчет отображает целевую и настраиваемые ячейки с соответствующими значениями, нижним и верхним пределами и целевыми значениями. Такой отчет не создается для моделей, имеющих целочисленные ограничения. Нижним пределом является наименьшее значение, которое может принять настраиваемая ячейка при фиксации других настраиваемых ячеек и удовлетворении этих ячеек ограничениям. Верхним пределом является наибольшее значение.

Следует также отметить, что наличие средств создания диаграмм в табличном процессоре Excel обеспечивает визуализацию результатов экспериментов на модели, что существенно расширяет его возможности как средства моделирования и реализации алгоритмов.

3.1.2 Оценка адекватности модели и алгоритма учета нормативных потерь для многоэтапной производственной системы

Рассмотрим следующую проблему.

Как было отмечено выше, для обеспечения эффективного управления предприятием с многоэтапным производством необходима достоверная учетно-аналитическая информация об уровне нормативных потерь на каждом этапе технологического процесса. Для решения данной задачи используются АСОУИ, которые обеспечивают автоматизированный расчет и учет

нормативных потерь с помощью нормативных технологических коэффициентов, определяемых из маршрутной карты технологического процесса. Однако в некоторых случаях, например, при замене поставщика сырья, фактические коэффициенты могут существенно отличаться от установленных значений.

Это приводит к неправильным расчетам нормативных потерь и к снижению эффективности управления многоэтапным производством. Таким образом, необходимо создать конфигурацию АСОУИ, которая обеспечит высокую эффективность управления многоэтапным производством.

Для решения данной задачи предлагается алгоритм калибровки модели потерь, который состоит из следующих шагов:

*Шаг 1.* Создается массив учетных записей выпуска конкретной продукции, выбранных из базы данных АСОУИ для одного и того же количества сырья  $M_0$  конкретного поставщика и отчетного периода. Для каждой строки массива вычисляется общая величина нормативных потерь на этапах по формуле:

$$L_T = M_0 - M_n \quad (3.5)$$

*Шаг 2.* На основе уравнения (1) и значения  $LT$  путем решения задачи линейного программирования подбирается коэффициент  $C_1$  и рассчитываются коэффициенты выпуска продукции на следующих этапах технологического процесса для каждой записи массива.

*Шаг 3.* Результирующие значения коэффициентов выпуска продукции определяются как средние значения их вычисленных значений в массиве (таблица 3.1) при соблюдении следующего условия:

$$V \leq V_d, \quad (3.6)$$

где  $V, V_d$  – вычисляемое и допустимое значения коэффициента вариации весов потерь для конкретного многоэтапного производства соответственно.

В теории вероятностей и статистике коэффициент вариации также известный как относительное стандартное отклонение, является

стандартизированной мерой дисперсии распределения вероятности или распределения частот.

Он часто выражается в процентах и определяется как отношение стандартного отклонения величины к ее среднему.

Он также широко используется в таких областях, как инженерное дело или физика, при проведении исследований по обеспечению качества и калибровочных исследований [29].

Значение параметра  $V_w$  может быть определено из технологической документации конкретного многоэтапного производства.

Процедура подбора коэффициентов выполняется с помощью надстройки «Поиск решения».

На рисунке 3.1 представлено решение подбора оптимальных коэффициентов нормативных потерь для технологического процесса производства трикотажного полотна «Бархат-штрих».

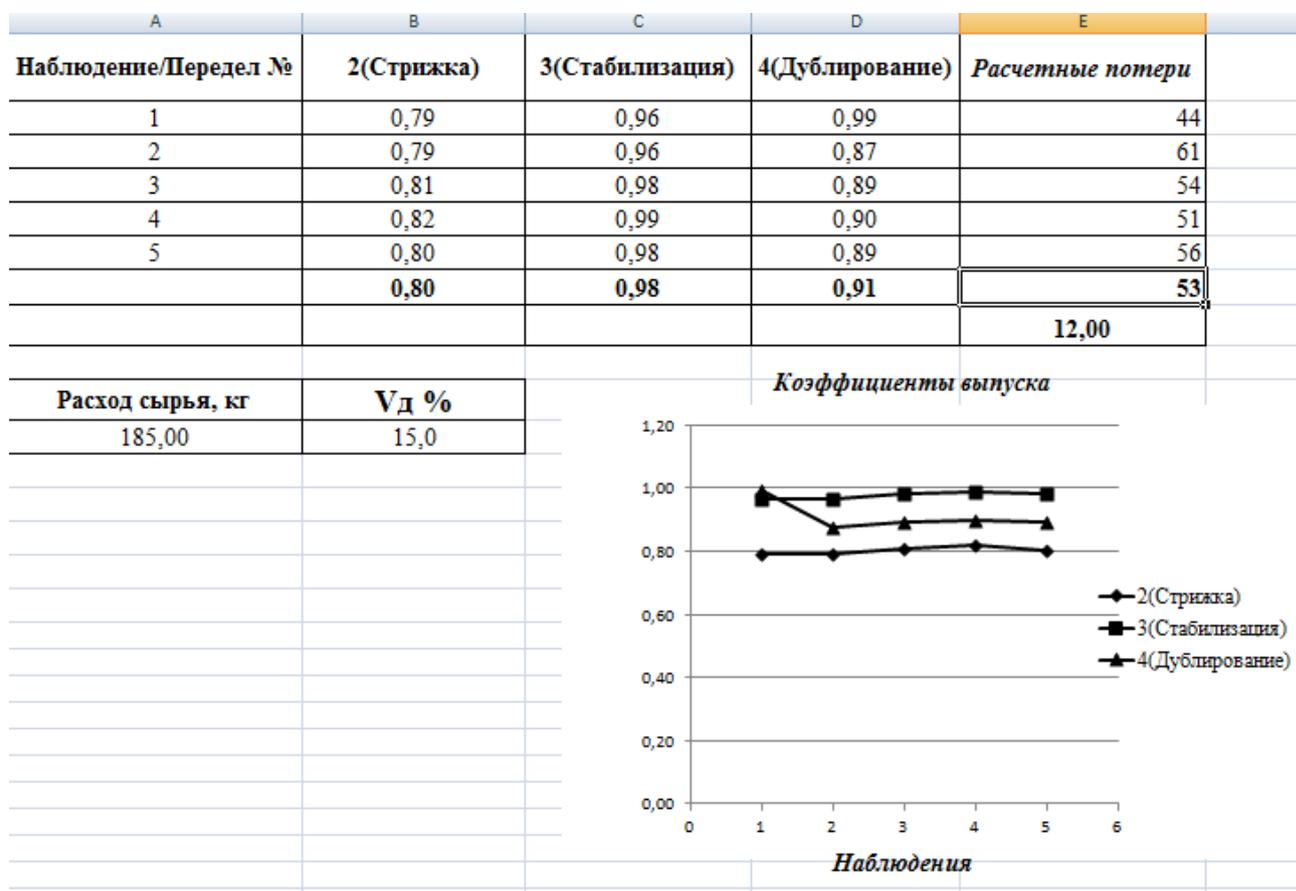


Рисунок 3.1 – Пример решения задачи оптимизации нормативных потерь

Параметры надстройки «Поиск решения» для данной задачи представлены на рисунке 3.4.

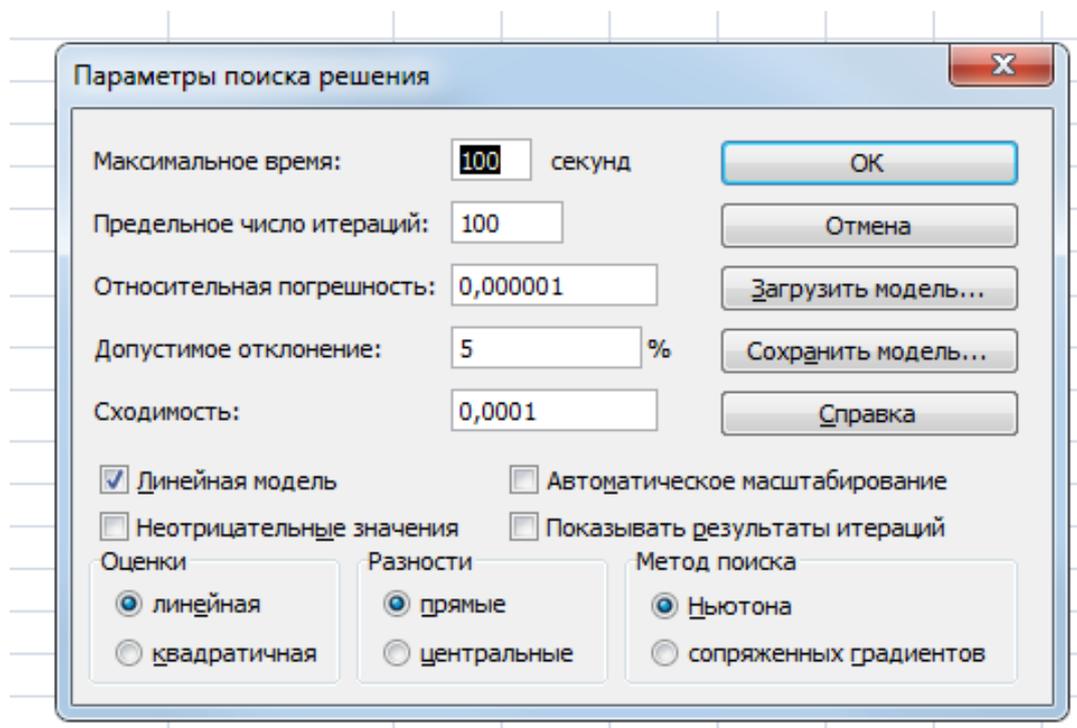


Рисунок 3.2 – Параметры надстройки «Поиск решения»

*Шаг 4.* Разрабатывается конфигурации АСОУИ с новыми установками нормативных коэффициентов выпуска продукции.

Применение АСОУИ с описанной конфигурацией на предприятиях текстильной и деревообрабатывающей промышленности позволило повысить точность расчета нормативных производственных потерь, что обеспечило повышение эффективности управления производственным процессом.

## **3.2 Оценка адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности**

### **3.2.1 Выбор средства моделирования**

Для реализации и оценки адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности выбран программный продукт «АДС:Управление центром страхования 8».

Компания «АДС-Софт» предлагает комплекс систем для страховых компаний, который, по мнению вендора, закрывает все основные потребности страховых компаний: от порталов и мобильных приложений до бухгалтерской системы с новым планом счетов [27] (рисунок 3. 3).



Рисунок 3.3 – Архитектура комплексного решения

Комплексное решение состоит из следующих компонентов:

1. Программный продукт «Управление центром страхования», построенный на платформе 1С:Предприятие 8.3 является верхним уровнем решения.

Данная система позволяет вести весь операционный страховой учет, а также содержит все страховые продукты, калькуляторы, которые, в том числе, используются на порталах.

2. API. Единый интерфейс, позволяющий взаимодействовать с порталами, мобильными приложениями, партнерами. В нем происходит кеширование некоторой информации.

При этом все операции, расчеты, создания транслируются через API и осуществляются в 1С [24] (рисунок 3.4).

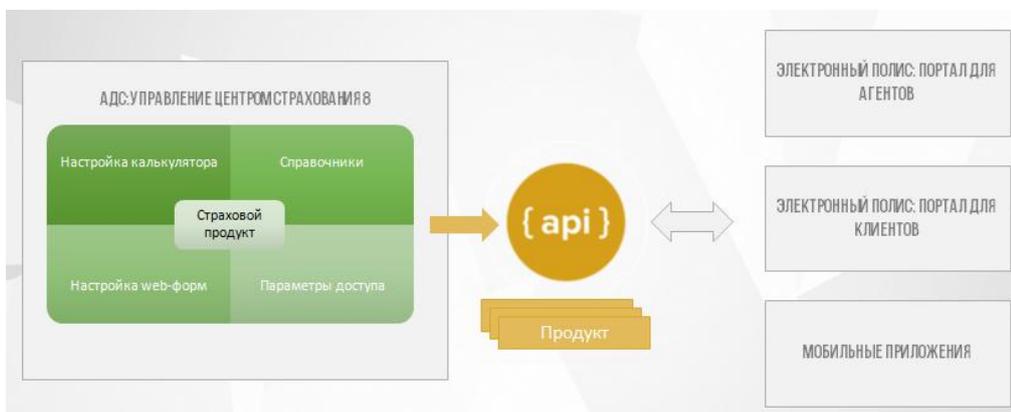


Рисунок 3.4 – Схема взаимодействия компонентов решения АДС-Софт

### 3. Порталы с различной функциональностью.

Как утверждает вендор, в решении предусмотрен ряд механизмов, позволяющих существенно упростить задачи управления страховой деятельностью:

- универсальный калькулятор, который позволяет настраивать условия и структуру коэффициентов;
- автоматическое появление продуктов в порталах, возможность отражения индивидуальных условий для посредников;
- настройка видимости, доступности, значений полей на портале из 1С;
- другие механизмы, ориентированные на возможность настройки продуктов силами сотрудников страховых компаний.

Интеграция в состав ИТ-решения подсистемы автоматизированного учета БСО обеспечило поддержку функции управления операциями с полисами договоров добровольных видов страхования и ОСАГО в соответствии с требованиями Российского союза автостраховщиков (РСА) и действующим законодательством по данному виду страхования.

### 3.2.2 Оценка адекватности моделей и алгоритмов валидации данных страхового учета

Для оценки адекватности моделей и алгоритмов обработки страховой учетно-аналитической (далее – страховой) информации (см. пп. 2.4, 2.5) указанные модели были реализованы на программном уровне в конфигураторе ПП «АДС: Управление центром страхования 8».

Ниже представлены фрагменты программного кода бизнес-правил валидации данных страхового операционного учета, разработанных на основе описанных алгоритмов, и примеры результатов их выполнения (рисунки 3.5-3.7).

```
// Проверка по дате начала и дате окончания (365 дней)
```

```
Результат =
```

```
ПроверкиОбщий.ПолучитьПустуюСтруктуруРезультатаПроверки();
```

```
    Если НЕ ОбъектДляПроверки.ВидДоговора =
```

```
Перечисления.ВидыДоговоровСтрахования.Расторжение Тогда
```

```
        лПериодИспользования =
```

```
ПроверкиОСАГО.ПолучитьРазностьДатВМесяцах(ОбъектДляПроверки.ДатаНачала,ОбъектДляПроверки.ДатаОкончания);
```

```
    Если лПериодИспользования < 12 Тогда
```

```
        ОписаниеОшибки = НСтр("ru = 'Договор не может быть заключен на срок менее 1 года.'");
```

```
    ПроверкиОбщий.ЗаполнитьСтруктуруРезультатаПроверки(Результат, ОписаниеОшибки, "ДатаОкончания", "Объект", Истина);
```

```
    ИначеЕсли ОбъектДляПроверки.Срок < 365 Тогда
```

```
        ОписаниеОшибки = НСтр("ru = 'Договор не может быть заключен на срок менее 1 года.'");
```

```
    ПроверкиОбщий.ЗаполнитьСтруктуруРезультатаПроверки(Результат, ОписаниеОшибки, "ДатаОкончания", "Объект", Истина);
```

```
    КонецЕсли;
```

```

        КонецЕсли;
// Проверка по дате начала срока страхования
Результат =
ПроверкиОбщий.ПолучитьПустуюСтруктуруРезультатаПроверки();
Если ЗначениеЗаполнено(ОбъектДляПроверки.ОбъектСтрахования) Тогда
    Если ОбъектДляПроверки.ИсточникДокумента =
Перечисления.ИсточникиДанных.В2В
        И ТипЗнч(ОбъектДляПроверки.Ссылка) =
Тип("ДокументСсылка.ДоговорОСАГО")
        И ОбъектДляПроверки.ВидДоговора =
Перечисления.ВидыДоговоровСтрахования.Первоначальный Тогда
            Если НЕ ОбъектДляПроверки.ДатаНачала >=
НачалоДня(ОбъектДляПроверки.Дата)
                или НЕ ОбъектДляПроверки.ДатаНачала <=
КонецДня((ОбъектДляПроверки.Дата+(61*24*60*60))) Тогда
                    ОписаниеОшибки = НСтр("ru = 'Дата начала указана не
верно! (допустимый диапазон значений 60 дней начиная с текущей даты)");
                    ПроверкиОбщий.ЗаполнитьСтруктуруРезультатаПроверки(Результат,
ОписаниеОшибки, "ДатаНачала", "Объект", Истина);
                    КонецЕсли;
                КонецЕсли;
            КонецЕсли;
// Проверка повторного ввода вод. удостоверения
Результат =
ПроверкиОбщий.ПолучитьПустуюСтруктуруРезультатаПроверки();
Если ОбъектДляПроверки.ИсточникДокумента =
Перечисления.ИсточникиДанных.В2В Тогда
    Массив1=новый Массив;
    Массив2=новый Массив;

```

Для каждого стр из ОбъектДляПроверки.ДопущенныеКУправлению  
цикл

Если Массив1.Найти(стр.Контрагент)=неопределено тогда  
Массив1.Добавить(стр.Контрагент);  
иначеЕсли Массив2.Найти(стр.Контрагент)=неопределено тогда  
Массив2.Добавить(стр.Контрагент);  
КонецЕсли  
КонецЦикла;  
ЕстьДубликаты=Массив2.Количество() $>$ 0;  
Если ЕстьДубликаты = Истина тогда  
ОписаниеОшибки = НСтр("гу = 'Один и тот же водитель внесен более  
одного раза");  
ПроверкиОбщий.ЗаполнитьСтруктуруРезультатаПроверки(Результат,  
ОписаниеОшибки, "ДопущенныеКУправлению", "Объект", Истина);  
КонецЕсли;  
КонецЕсли;  
// Проверка повторного ввода ПТС  
Результат =  
ПроверкиОбщий.ПолучитьПустуюСтруктуруРезультатаПроверки();  
ИсходнаяСтрока=СокрЛП(ОбъектДляПроверки.ОбъектСтрахования.Наи  
менование);  
Если СтрДлина(ИсходнаяСтрока) $>$ 0 Тогда  
Для Сч=1 по СтрДлина(ИсходнаяСтрока) Цикл  
Символ = НРег(Сред(ИсходнаяСтрока, Сч, 1));  
Если Найти("абвгдеёжзийклмнопрстуфхцчшщъыьэюя", Символ) Тогда  
ОписаниеОшибки = НСтр("гу = 'VIN не может содержать символы  
кириллицы или символ О латиницы");  
ПроверкиОбщий.ЗаполнитьСтруктуруРезультатаПроверки(Результат,  
ОписаниеОшибки, "ОбъектСтрахования", "Объект", Истина);  
КонецЕсли;

КонецЦикла;  
КонецЕсли;

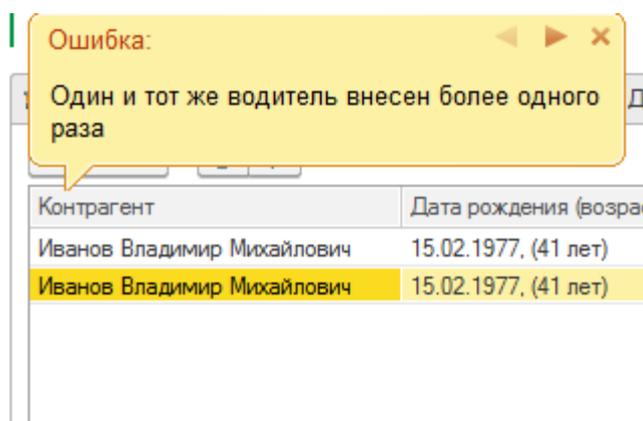


Рисунок 3.5 – Проверка водительского удостоверения

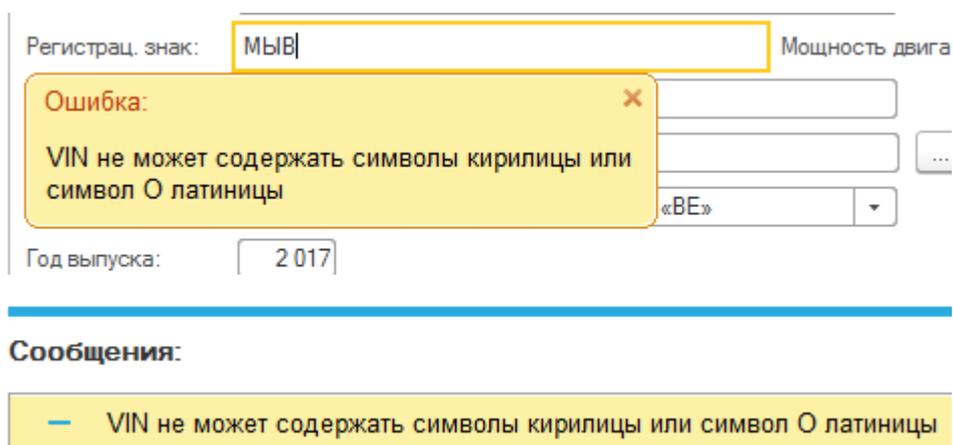
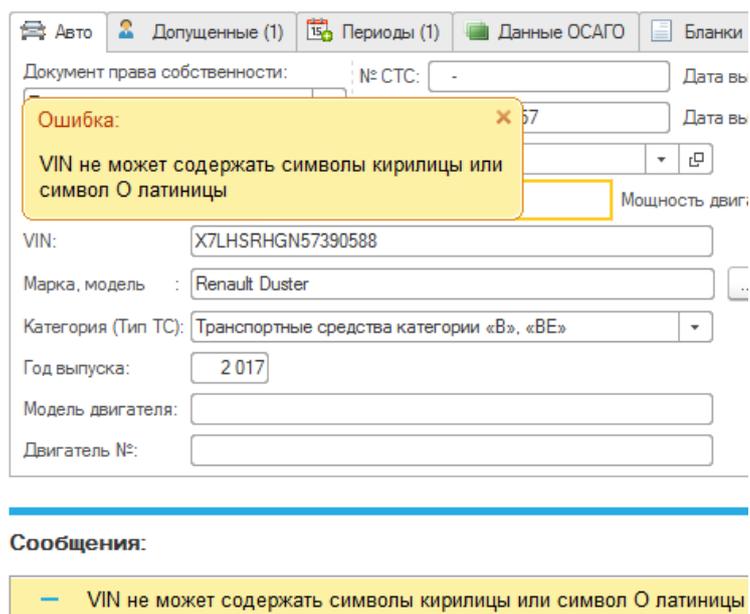


Рисунок 3.6 – Проверка данных регистрационного знака



### Рисунок 3.7 – Проверка ПТС

Для проверки адекватности алгоритмов валидации данных учета БСО составлен список операций с БСО (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Операции с БСО

Операция	Документ	Порядок открытия документа в программе	Операция по регистрам учета	Печать журнала документов
Поступление БСО из типографии	Накладная	Операции – Учет и списание бланков - Накладные	Касса - ПРИХОД	Отчеты – Отчеты по бланкам строгой отчетности – Журнал учета БСО (касса)
Передача БСО в подразделение/филиал СК	Требование-накладная на выдачу БСО	Операции – Учет и списание бланков – Требования-накладные на выдачу БСО	Касса - РАСХОД	Отчеты – Отчеты по бланкам строгой отчетности – Журнал учета БСО (касса)

Продолжение таблицы 3.1

Поступление БСО из подразделения/филиала страховой компании	Требование -накладная на поступление БСО	Операции – Учет и списание бланков – Требования-накладные на поступление БСО	Касса - ПРИХОД	Отчеты – Отчеты по БСО – Журнал учета БСО (касса)
Передача БСО страховому агенту	Акт на выдачу бланков	Операции – Учет и списание бланков – Журнал документов на выдачу/возврат бланков	Касса – РАСХОД Агент - ПРИХОД	Отчеты – Отчеты по бланкам строгой отчетности – Журнал учета БСО (агенты)
Возврат БСО от страхового агента	Акт на возврат бланков	Операции – Учет и списание бланков – Журнал документов на выдачу/возврат бланков	Агент – РАСХОД Касса – ПРИХОД	Отчеты – Отчеты по бланкам строгой отчетности – Журнал учета БСО (агенты)

При заключении или переоформлении договора страхования статус задействованных в этих процессах бланков полисов подвергается регламентированным изменениям согласно таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Жизненный цикл бланка страхового полиса

Код в АИС	Код в АИС РСА	Статус
1	001	Напечатан производителем
2	002	У страховщика (агента)
3	003	У клиента
4	004	Утрачен
5	005	Испорчен
6	006	Украден
7	007	Уничтожен
8	008	Передан другому страховщику (агенту)
9	009	Утратил силу

Изменение состояния БСО происходит в результате наступления событий, перечисленных в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Изменение состояния БСО при наступлении событий

Код	Событие	Состояние
1	Получение БСО от производителя	Находится у страховщика, представительства или филиала
2	Передача БСО агенту	У агента
3	Выдача бланка страхователю при заключении или изменении условий договора, требующих выдачи нового БСО	У страхователя
4	Выдача бланка страхователю вследствие утраты или порчи выданного БСО	У страхователя

Продолжение таблицы 3.3

5	Утрата бланка страхователем или страховщиком	Утрачен
6	Порча бланка страхователем или страховщиком	Испорчен
7	Кража бланка у страхователя или страховщика	Украден
8	Утрата силы бланком вследствие его замены новым при изменении условий договора страхования	Утратил силу
9	Уничтожение БСО	Уничтожен

В системе имеется возможность формирования графика изменения статуса (истории) БСО по договору страхования (рисунок 3.7).

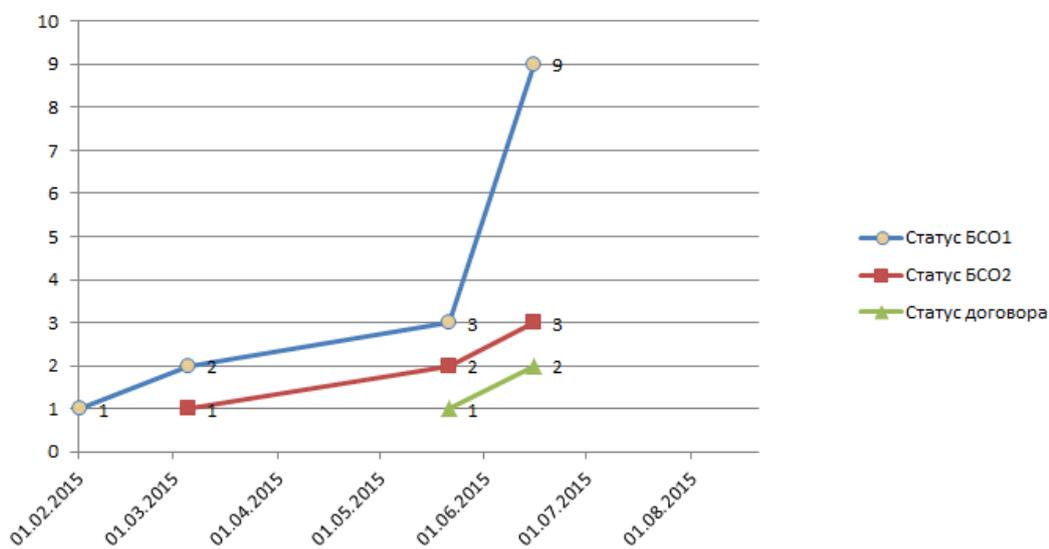


Рисунок 3.7 – Пример графиков истории переоформления договора страхования с выдачей нового бланка (БСО2) клиенту (коды статусов присвоены в соответствии с таблицами 3.2, 3.3)

В начале отчетного периода менеджеры агентских групп формируют реестры испорченных и утраченных бланков строгой отчетности (таблица 3.4), на основании которых производится их инвентаризация.

Таблица 3.4 – Реестр испорченных и утраченных БСО

Страховая компания СК 1				
Отдел моторного страхования				
ИСПОРЧЕННЫЕ И УТРАЧЕННЫЕ БСО				
декабрь 2017 г.				
Статус БСО	Наименование БСО	Серия	Номер	Агент
<i>Испорчен</i>				
	Страховой полис	360	1XXXXXXXXX X	Агент 1
	<i>Итого:</i>	<i>1</i>		
<i>Утрачен</i>				
	Страховой полис	370	2XXXXXXXXX X	Агент 2
	Страховой полис	364	3XXXXXXXXX X	Агент 3
	Страховой полис	364	4XXXXXXXXX X	Агент 4
	<i>Итого:</i>	<i>3</i>		
<b>Всего</b>		<b>4</b>		

Таким образом, были получены результаты, подтверждающие адекватность разработанных на основе объектно-структурного подхода моделей и алгоритмов обработки страховой информации, а, следовательно, повышение эффективности управления операционной страховой деятельностью.

### **Выводы по главе 3**

1. MS Excel позволяет легко решать данные проблемы, обеспечивает визуализацию результатов эксперимента с помощью графиков и диаграмм, проводить анализ чувствительности и параметризованные имитации.

2. Надстройка Excel «Поиск решения» необходима для анализа сценариев в ситуациях принятия решений, которые включают рассмотрение значений и ограничений для нескольких переменных одновременно.

3. Принципиальным преимуществом метода Simplex LP является надежность, обусловленная возможностью получения глобально оптимального решения задачи линейного программирования на основе метода ветвей и границ.

4. Применение АСОУИ с конфигурацией, созданной на основе модели и алгоритма учета нормативных потерь, на предприятиях текстильной и деревообрабатывающей промышленности позволяет повысить точность расчета нормативных производственных потерь и организовать их учет с привязкой к отдельным этапам технологического процесса.

5. Для реализации и оценки адекватности моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации операционной страховой деятельности выбран программный продукт «АДС:Управление центром страхования 8», представляющий собой реализованное на технологической платформе «1С:Предприятие» типовое комплексное ИТ-решение для управления страховой деятельностью.

6. Результаты, полученные в процессе апробации моделей и алгоритмов валидации данных страхового учета, разработанных на основе объектно-структурного подхода, подтвердили их адекватность.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью диссертационной работы является разработка моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапной производственной системы, обеспечивающих повышение эффективности управления производственным процессом.

Выполненные в работе научные исследования представлены следующими основными результатами:

1. Проведен анализ проблем обработки информации в многоэтапных производственных системах. Как показал анализ, центральное место в обработке информационного потока принадлежит производственному учету, основное предназначение которого заключается в обеспечении ведущего менеджмента предприятия учетно-аналитической информацией, необходимой для принятия управленческих решений по обеспечению эффективности производства.

2. В качестве методологической основы исследования выбран объектно-структурный подход к моделированию проблемно-ориентированных АСОУИ. Данный подход основан на интеграции онтологического, автоматного и объектно-ориентированного подходов. Среди главных преимуществ объектно-структурного подхода следует выделить универсальность объектно-структурных моделей АСОУИ, что позволяет использовать их для различных многоэтапных процессов.

3. Разработаны математическая модель учета нормативных потерь и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапных систем производства готовой продукции. Как показал анализ для обеспечения качественного учета нормативных потерь на этапах производственного процесса необходимо установить правильные значения нормативных коэффициентов выпуска продукции на виртуальных агрегатах каждого этапа объектно-структурной модели АСОУИ.

4. Показано, что бизнес-процессы операционной деятельности страховой компании соответствуют всем признакам многоэтапных производственных

процессов, что позволяет использовать объектно-структурный подход в качестве методологической основы построения страховых АСОУИ. Разработаны модели и алгоритмы обработки страховой учетно-аналитической информации, обеспечивающие повышение ее достоверности и хронологической упорядоченности.

5. Выполнена оценка адекватности разработанных моделей и алгоритмов, которая подтвердила их эффективность при решении задач управления многоэтапными производственными системами.

Таким образом, в работе решена актуальная научно-исследовательская проблема разработки моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации многоэтапных производственных систем, обеспечивающих повышение эффективности управления производственным процессом.

Подтверждена гипотеза исследования.

Значение диссертационной работы определяется тем, что в ее рамках исследованы возможности повышения эффективности управления многоэтапными производственными системами благодаря использованию предлагаемых моделей и алгоритмов обработки учетно-аналитической информации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Нормативно-правовые акты*

1. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения.

### *Научная и методическая литература*

2. Андреева Н. IT и страховой учет / Н. Андреева, М. Казыльский, А. Кварандзия // Страховой случай. - 2007. - №№ 5-9.

3. Антонов А. В. Системный анализ. Учеб. для вузов / А.В. Антонов. – М. Высш. шк., 2004. – 454 с.

4. Бурдонов И.Б. Использование конечных автоматов / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.В. Кулямин // Программирование. – 2000. - № 2. – С. 12-28.

5. Бурков В.Н. Механизмы страхования в социально-экономических системах / В.Н. Бурков, А.Ю. Заложнев, О.С. Кулик, Д.А Новиков. - М.: ИПУ РАН, 2001. – 109 с.

6. Грищенко Н.Б. Основы страховой деятельности : учеб. пособие / Н.Б. Грищенко. - М.: Финансы и статистика, 2004. – 352 с.

7. Друри К. Управленческий и производственный учет : учебный комплекс / К. Друри. - М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 1423 с.

8. Емельянова Н.З. Информационные системы в экономике: учеб. пособие / Н.З. Емельянова, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2008. - 464 с.

9. Ковалев, А.Е. Многомерный учет коммерческой деятельности / А.Е. Ковалев // Вестник НГУЭУ. -2011. -№1. – С. 180-195.

10. Лубашев Ю.А. Методы построения систем учета и управления материально-энергетическими потоками на примере металлургического предприятия / Ю.А. Лубашев, С.В. Благий // Автоматизация в промышленности. –2003, № 3, с. 36-39.

11. Макеев П.В. Модели и алгоритмы обработки учетно-аналитической информации многоэтапных производственных систем / П.В. Макеев // В сборнике: Публикация в сборнике статей по материалам международной

научно-практической конференции «Вопросы образования и науки». - 2018, – С. 111-112.

12. Макеев П.В. Моделирование системы анализа данных финансовых показателей страховой деятельности / П.В. Макеев // В сборнике: Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: материалы III научно-практической всероссийской конференции (школы-семинара) молодых ученых. –Тольятти: Издатель Качалин Александр Васильевич. - 2017. –С. 324-326.

13. Макеев П.В. Моделирование системы анализа данных финансовых показателей страховой деятельности / П.В. Макеев // В сборнике: Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук. Материалы IV Международной научно-практической конференции (школы-семинара) молодых ученых «Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук», 2018 (принята к публикации).

14. Макоха А.Н. Дискретная математика / А.Н. Макоха, П.А Сахнюк, Н.И. Червяков. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.- 369 с.

15. Миротин Л.Б. Логистические цепи сложно-технологических производств: учебное пособие / Л.Б. Миротин, В.А. Корчагин, С.А. Ляпин, А.Г. Некрасов. – М.: Издательство «Экзамен», 2005. –288 с.

16. Мицель А.А. Имитационное моделирование экономических процессов в Excel / А.А. Мицель, Е.Б. Грибанова. - Томск: Изд-во ТУСУР, 2016. –115 с.

17. Мкртычев С.В. Модель автоматизированной системы учета нормативных потерь в многопередельном производстве / С.В. Мкртычев // Автоматизация и современные технологии. - 2008. - № 4. - С. 10 –13.

18. Мкртычев С.В. Моделирование систем обработки информационных потоков в многопередельных производственных процессах / С.В. Мкртычев // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2013. - №1(23). –С. 53-58.

19. Мкртычев С.В. Объектно-структурный подход к моделированию проблемно-ориентированных систем сбора и обработки учетно-аналитической информации / С.В. Мкртычев // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 325. – № 5. – С. 66-71.

20. Мкртычев С.В. Оптимизация модели автоматизированной системы производственного учета / С.В. Мкртычев, Б.Ф. Мельников, Я.Э. Галочкин // В мире научных открытий. – 2013. - №11.10(47). - С.15-22.

21. Муквей И. А. В. Моделирование многономенклатурной механообработки с учетом незавершенного производства. Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. – М., 2001.

22. Погодаев А.К. Адаптация и оптимизация в системах автоматизации и управления: Монография / А.К. Погодаев, С.Л.Блюмин. – Липецк: ЛЭГИ, 2003. – 128 с.

23. Щуклинова М.В. Управление процессом андеррайтинга в имущественном страховании // Страховое дело. - 2009. - № 8. - С. 43-47.

#### *Электронные ресурсы*

24. 1С: Предприятие 8 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://v8.1c.ru> (дата обращения 10.05.2018 г.).

25. Башмакова Е. И. Умный EXCEL. Экономические расчеты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. И. Башмаков. - Москва : Моск. гуманит. ун-т, 2014. - 175 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/39699.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

26. Информационные аналитические системы [Электронный ресурс] : учебник / Т. В. Алексеева [и др.] ; под ред. В. В. Дика. - Москва : Синергия, 2013. - 379 с. - (Университетская серия). – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17015.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

27. Компания АДС-Софт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ads-soft.ru> (дата обращения 10.05.2018 г.).

28. Ляндау Ю.В. Бизнес-архитектор. Части II. Построение и развитие систем управления [Электронный ресурс] : построение систем управления.

Монография / Ю.В. Ляндау. - М. : Русайнс, 2016. -138 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61593.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

29. Мельниченко А.С. Статистический анализ в металлургии и материаловедении [Электронный ресурс] : учебник / А.С. Мельниченко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Издательский Дом МИСиС, 2009. - 268 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56206.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

30. Миллер Р. Бизнес-правила в среде разработки и моделирования / Р. Миллер. - Режим доступа: <http://edn.embarcadero.com/article/30158> (дата обращения 10.05.2018 г.).

31. Струченков В.И. Методы оптимизации в прикладных задачах [Электронный ресурс] / В.И. Струченков. - М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2009. - 315 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/8722.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

32. Ткаченко С.В. Множества. Отношения. Графы [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Ткаченко, А.С. Сысоев. - Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2012. - 112 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64868.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

33. Фирма 1С [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.1c.ru> (дата обращения 10.05.2018 г.).

34. Хаггарти Р. Дискретная математика для программистов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. Хаггарти. - М. : Техносфера, 2012. - 400 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/12723.html> (дата обращения 10.05.2018 г.).

*Литература на иностранном языке*

35. Bai G, Kajiwara T and Lui J 2016 Measuring the cost of individual disruptions in multistage manufacturing systems J. of Management Accounting Research 28(1) 1-26

36. Goyal S K, Gunasekaran A, Martikainen T and Yli-Olli P 1993 Design of optimal configuration for a multi-stage production system *Int. J. of Prod. Planning and Control* 4 239–252.
37. Ferran C. IAC Accounting Data Model: A Better Data Structure For Computerized Accounting Systems / C. Ferran, R. Salim // *The Review of Business Information Systems*. – 2004. - V. 8, - N.4. –P. 109-119.
38. Lee H L and Yano C A 1985 Production control in multi-stage systems with variable yield losses Technical Report 85-32 DIOE (Ann Arbor Michigan: University of Michigan).
39. Malindzak D. and others. The methodology and model for in-process inventories calculation in the conditions of metallurgy production. *Metallurgija* 54 (1) 227-230, 2015.
40. McCarthy W.E. The REA Modeling Approach to Teaching Accounting Information Systems. *Issues in Accounting Education*. -2003. –V.18 (4). - P. 427-441.
41. Muckstadt J A and Roundy R O 1993 Analysis of multistage production systems Graves S. C., Rinooy Kan A.H. G., Zipkin P. H. eds. *Logistics of Production and Inventory* (Amsterdam: North-Holland) 59–131
42. Nomura J and Takakuwa S 2004 Module-based modeling of flow-type multistage manufacturing systems adopting dual-card Kanban system In *Simulation Conference Proc. of the 2004 Winter* vol 2 1065–1072
43. Shetwan A G, Vitanov V and Tjahjono B 2011 Allocation of quality control stations in multistage manufacturing systems *Computers & Industrial Eng.* 60 473 - 484.
44. Shi J J, Yue X and Zhao Y 2014 Operations sequencing for a multi-stage production inventory system *Naval Research Logistics* 61 144–154.
45. Van Hee K.M. Abstracting Common Business Rules to Petri Nets / K.M. van Hee with others // 5th SIKS/BENAIS Conference on Enterprise Information Systems.- Eindhoven. -2010. – P. 113-114.