

2 РАЗРАБОТКА МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ОДЕЖДЫ

Как отмечалось ранее, одним из ведущих направлений совершенствования подготовки производства швейных изделий является внедрение в швейную промышленность концепции и принципов ИПИ(CALS)-технологий. В первой главе настоящей диссертации было показано, что первоочередной задачей для достижения поставленных целей является решение проблемы моделирования, в том числе и информационного, процессов жизненного цикла швейных изделий.

С точки зрения проектирования изделий и технологических процессов по их изготовлению наиболее значимыми подсистемами системы подготовки производства являются конструкторско-технологическая подготовка и подготовка материалов к производству швейных изделий. Задачи настоящего исследования, сформулированные в 1 главе диссертации, определяют направления работы, связанной с моделированием процессов названных подсистем. К таким направлениям относятся: разработка структурно-информационных моделей процессов, протекающих в рамках подсистем ЖЦ, и моделирование деформационно-релаксационного поведения ЛДТМ в процессах производства одежды.

2.1 Формализация и моделирование процесса конструкторско-технологической подготовки производства одежды из текстильных материалов с легко деформируемой структурой

Моделирование процессов является одним из наиболее эффективных методов системного анализа, с учетом того, что исследование любой системы начинают с общего анализа ее функционирования. Необходимо отметить [55], что эффективное решение задачи заключается в концептуальном (понятийном) аппарате, в идеях, установках и подходе к решению проблемы.

В соответствии с этим общую постановку задачи конструкторско-технологической подготовки производства одежды, в том числе одежды из текстильных материалов с легко деформируемой структурой, можно определить

как этап процесса создания изделия, обеспечивающего при минимальных затратах на его изготовление (Z) наилучшие показатели свойств (полезность E), определяемые предъявляемыми потребителями требованиями к разрабатываемому изделию (Y), и одновременно удовлетворяющего ограничениям внешней среды, в которой происходит физическая деятельность носчика (X), что символически можно записать как

$$\begin{aligned} \max_E F(E, Z) &= \min_Z \\ E &= f(X, Y), \quad Z = f(X, Y) \\ X &= \{x_i\}, \quad Y = \{y_j\} \\ i &= \overline{1, m} \quad j = \overline{1, n} \end{aligned}$$

На стадии анализа системы необходимо исследовать общие закономерности ее функционирования. Однако, даже хорошо изучив законы функционирования отдельных элементов, но, не зная структуры, нельзя представить систему как целое и, следовательно, понять, как она функционирует [14].

Аналитические исследования, связанные с выделением структурных звеньев – самостоятельная задача, предвещающая синтез системы и облегчающая его проведение. Формирование структуры является частью решения общей задачи построения системы, которая не определяет заранее систему в целом, а лишь выявляет ее конфигурацию и взаимосвязи ее элементов. Для создания структуры системы целесообразно применить блочно-иерархический подход [14], предполагающий декомпозицию процесса проектирования и представления о самом объекте на уровни. На высшем уровне используется наименее детализированное представление, отражающее только самые общие черты и особенности проектирования системы. Понятно и то, что на каждом новом последовательном уровне разработки системы подробности рассмотрения возрастают. При этом система рассматривается не в целом, а блоками. Такой подход позволяет на каждом уровне формировать и решать задачи приемлемой сложности, поддающиеся уяснению и пониманию человеком и решению с помощью имеющихся средств проектирования.

Ввиду многофакторности технологического процесса создания одежды целесообразно в соответствии с блочно-иерархическим подходом выделить в нем ряд последовательных этапов (операций) проектирования.

Следующим этапом исследования системы служит определение функциональных свойств каждого выделенного в ходе построения структуры элемента и системы в целом.

Функция любого процесса F есть комплекс действий операторов на исходные данные C_0 и их преобразование в готовый объект C_K .

$$F^0 : C_0 \rightarrow C_K$$

C_0 задается некоторой совокупностью исходных данных (например, на этапе составления технического задания). Чтобы выразить алгоритм получения C_K , необходимо определить целевую функцию.

Функция системы может быть определена как синтез функций отдельных элементов проектируемой системы. Функция каждого уровня F_i связана с функцией других уровней и направлена на выполнение общей функции F^0 .

Функцию всего процесса проектирования можно представить в виде некоторого пропозиционального действия:

$$F^0 \subseteq F_1 \cup F_2 \cup F_3 \cup \dots \cup F_k = \bigcup_{i=1}^k F_i$$

где k – количество уровней декомпозиции.

Таким образом, происходит декомпозиция общей функции процесса F^0 на отдельные подфункции F_i . При исследованиях систем с целью установления взаимосвязи процессов их функционирования и анализа структуры пользуются формализованными моделями, описывающими эту структуру (S), функцию (F) и свойства систем, которые представлены набором определенных характеристик (Z).

В итоге процесс может быть представлен совокупностью отношений, определяющих структуру S^i , $i = \overline{0, k}$, целевые функции F_i , $i = \overline{0, k}$ и характери-

стики $(Z_i^0, Z_i^1, \dots, Z_i^k)$ отдельных элементов. Эти соотношения представляют собой обобщенную математическую модель процесса проектирования в целом, которую требуется конкретизировать. Для этого необходимо решить следующие задачи: определение целевой функции проектирования (критерий оценки) и системы ее ограничений; определение целевой функции на каждом уровне; определение характеристик объекта на всех уровнях декомпозиции; определение функциональных взаимосвязей между характеристиками и целевыми функциями проектирования на всех уровнях.

Ввиду определенной сложности процесса проектирования одежды, в том числе из материалов легко деформируемой структуры, и, прежде всего, плотно облегающих изделий из высокоэластичных полотен, целевую функцию и ограничения трудно представить в аналитическом виде. В связи с этим целесообразно использовать математический аппарат теории систем [121].

Тогда основу системного проектирования одежды составит процедура развертки общей модели изделия через частные модели конкретных технологических процессов с последующей сверткой параметров частных моделей в параметры общей модели [86].

Пусть M - общая модель создания одежды, в том числе плотно облегающей, представляет собой множество моделей i -ой операции

$$M \in \{m_i\}, \quad i = \overline{1, n}$$

Для m_i целевая функция может быть описана следующим образом:

$$E = \{e_k\}, \quad k = \overline{1, m_1}$$

$$\max_{e_i} f(e_i, z_i) = \min_{z_i}$$

$$e_i = f_z(x_i)$$

$$x_i \in [x_{1i}, x_{2i}]$$

Однако такая постановка задачи на данном уровне декомпозиции является слишком общей, что не позволяет формализовать модель процесса проекти-

рования, а, следовательно, решить задачу ее создания. Таким образом, требуется дальнейшее изучение процесса проектирования как системы с помощью рассмотренных выше методов системных исследований.

Анализ работ по моделированию процессов проектирования и управления ими [38, 34] показал, что для решения сложных многофакторных и многовариантных задач наиболее приемлемо информационное моделирование и, в частности, метод, в котором динамика процесса представляется в виде циркуляции сбалансированных потоков входной и выходной информации. При этом следует учитывать, что выходная информация какого-либо этапа проектирования может являться входной для следующего или накапливаться в базе данных. Кроме того, в модели учитываются и обратные связи между этапами, которые представляют собой управление моделируемым процессом.

В результате реализации информационной модели устанавливается логическая взаимосвязь всех операций. Информационная модель является пооперационным описанием процесса проектирования, т.е. графически отображает совокупность процессов, направленных на достижение цели проектирования. Необходимым условием осуществления поэтапного описания информационных потоков входной и выходной информации служит разработка алгоритма формирования информационных массивов в подсистемах ЖЦ изделий.

2.1.1 Разработка алгоритма формирования информационных массивов в подсистемах жизненного цикла швейных изделий

С целью решения задачи по структурированию информации, возникающей и используемой на различных этапах ЖЦ швейных изделий с позиций ИПИ-технологий, был разработан алгоритм формирования информационных массивов в подсистемах ЖЦ одежды из текстильных материалов легко деформируемой структуры, в том числе и плотно облегающей из ВЭМ, которые, в свою очередь, формируют информационные объекты ОБД.

Как было установлено в 1-ой главе, основными подсистемами системы жизненного цикла одежды, в которых формируется значительная доля информации, являются две: предпроектная стадия и подготовительная стадия. В связи

с этим алгоритм формирования информационных массивов (объектов ОБД) в подсистемах ЖЦ швейных изделий разработан, прежде всего, применительно к данным подсистемам и представлен на рисунках 2.1 и 2.2. Алгоритм сформирован на основе ранее разработанных структур подсистем ЖЦ и модели их информационного взаимодействия.

Как видно из схемы, на этапах ЖЦ информация формируется в виде информационных массивов, которые могут представлять собой отдельные информационные единицы или совокупность информационных единиц, сформированных в рамках отдельных процессов, а в некоторых случаях некую обобщенную информацию, одновременно формирующуюся в виде отдельных частей в рамках протекания определенных процессов ЖЦ.

Информация в виде информационного массива будет в дальнейшем поступать непосредственно в ОБД и формировать информационные объекты интегрированной базы данных. При этом ИО ОБД могут формироваться из нескольких информационных массивов, или один информационный массив может формировать отдельный информационный объект базы данных.

Информация, возникающая в подсистемах ЖЦ, является выходной для конкретного процесса или для подсистемы в целом и сохраняется в ОБД, откуда извлекается по мере необходимости и становится входной для тех подсистем ЖЦ или процессов, где она будет использоваться.

Основная часть информации общего характера, которая может быть применима к различным объектам проектирования и используемая в процессах КТПП для конкретного изделия, возникает в подсистеме «Предпроектная стадия», а также «Подготовка материалов к производству швейных изделий». В данном случае формируются информационные массивы, представляющие собой технические документы многократного использования. Информация, являющаяся входной для этих подсистем ЖЦ изделий в основном поступает из внешних источников и является информацией широкого использования, то есть может применяться не только для проектирования одежды, но и для других областей деятельности, связанных с ЖЦ изделий.

Информация, непосредственно касающаяся проектирования конкретного изделия, возникает внутри подсистем ЖЦ, связанных с процессами КТПП, и используется либо внутри этих подсистем, либо на последующих стадиях ЖЦ. Вся исходная информация для проектирования конкретного изделия обобщается и представляется в виде технического документа «Техническое задание». Внутри подсистем КТПП «Техническое предложение», «Эскизное проектирование», «Техническое проектирование» формируемая информация имеет промежуточный (незавершенный) характер и не формирует технический документ как таковой. Она передается через актуальный раздел ОБДИ на этап «Разработка рабочей документации» и участвует в формировании технических документов «Комплект лекал», «Раскладка лекал», «Техническое описание», «Карта расчета настилов», «Карта раскроя материалов», «Технологическая схема разделения труда» и др., разрабатываемых в подсистеме КТПП «Разработка рабочей документации». Эти документы впоследствии будут использоваться в подсистемах «Производственная стадия» и «Постпроизводственная стадия». Кроме того, информация, включенная в эти документы, может использоваться и при проектировании изделий других моделей в последующих разработках. Данные документы могут существовать как на бумажных носителях, так и в электронном виде как интерактивные электронные технические документы, сохраняемые в ОБД.

В подсистемах «Производственная стадия», «Оценка соответствия» и «Постпроизводственная стадия» также формируются определенные информационные массивы, которые содержат, в основном, информацию, включенную в отчетные документы о качестве и безопасности изделий, дефектах, выявленных в процессах производства, оценки соответствия, реализации и эксплуатации, а также в документы по анализу причин возникновения данных дефектов. Эта информация необходима для корректировки ранее принятых проектных решений и передается в качестве обратной связи на этапы КТПП, где становится частью входной информации.

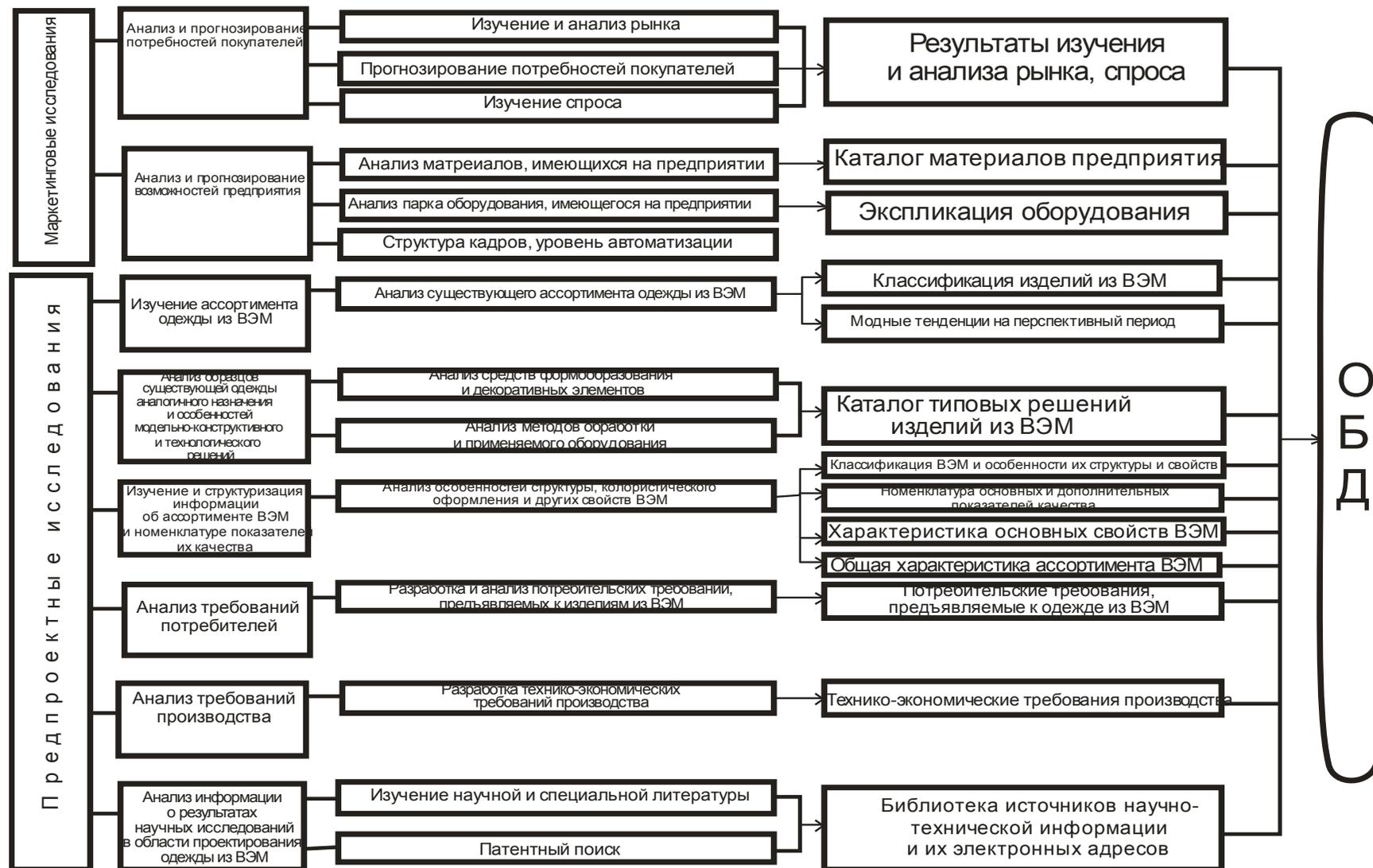


Рисунок 2.1 - Алгоритм формирования информационных массивов в подсистеме «Предпроектная стадия ЖЦ»

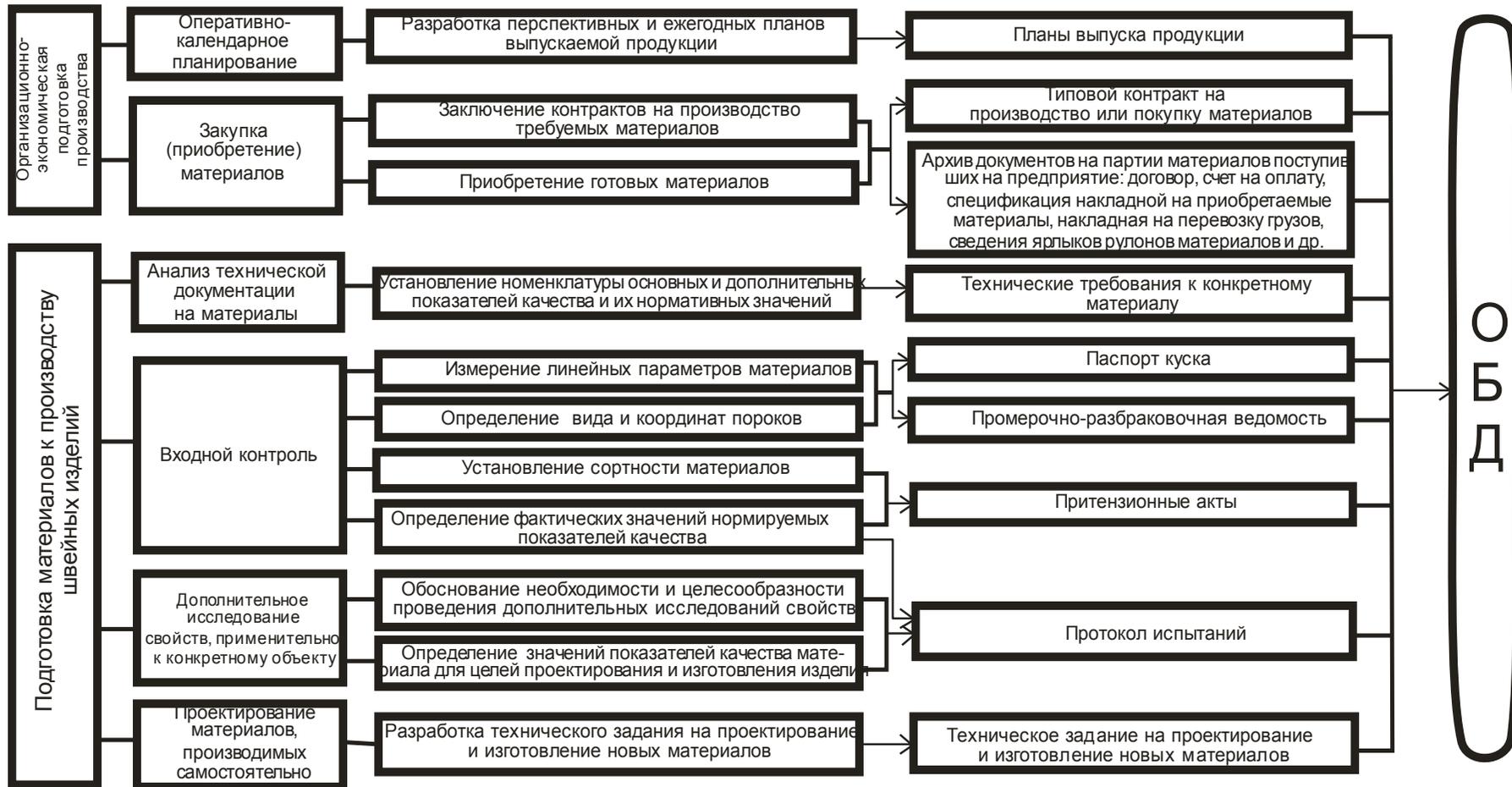


Рисунок 2.2 - Алгоритм формирования информационных массивов в подсистеме «Подготовительная стадия ЖЦ»

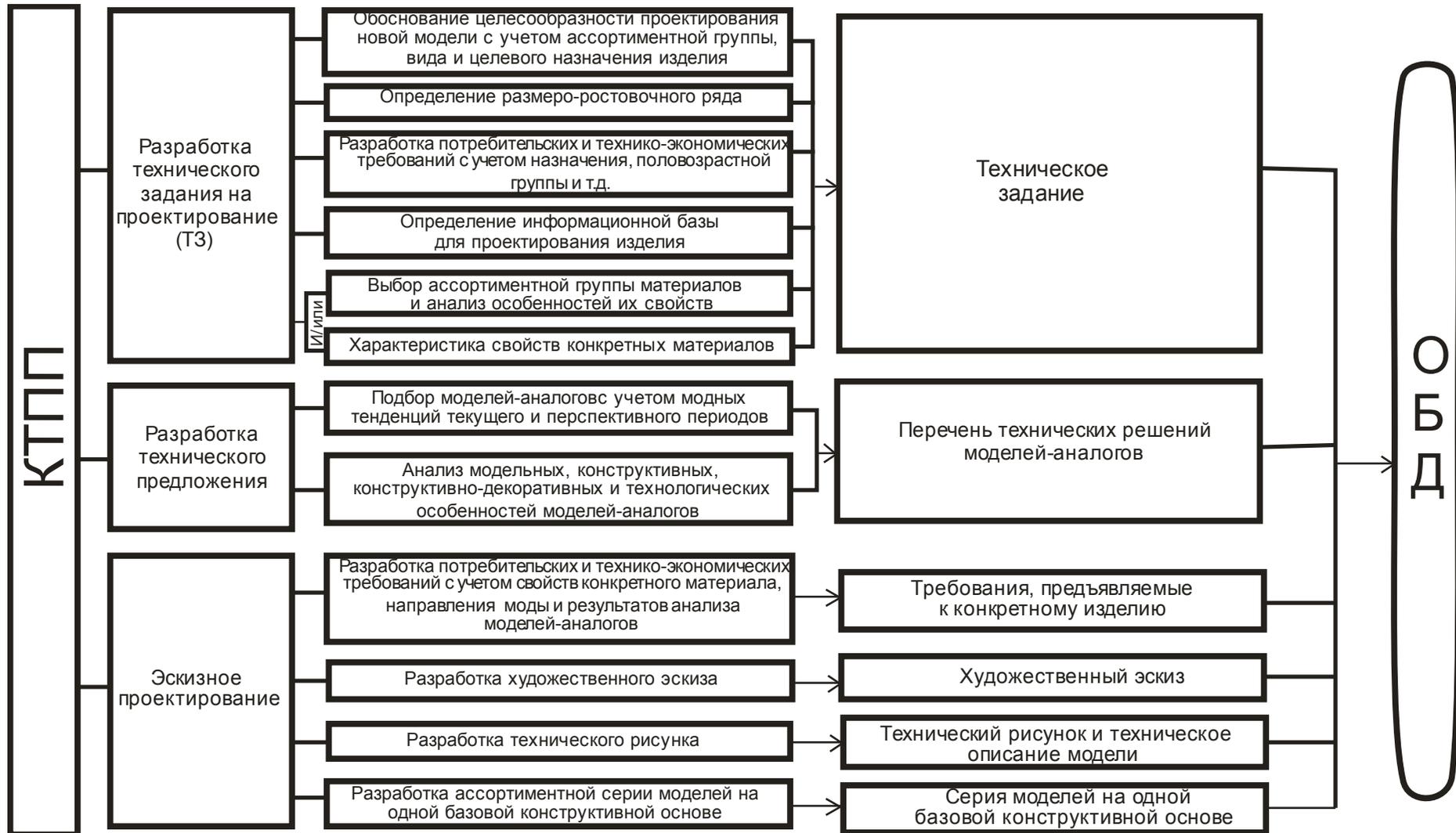


Рисунок 2.2 - Алгоритм формирования информационных массивов в подсистеме «Подготовительная стадия ЖЦ»
(продолжение)

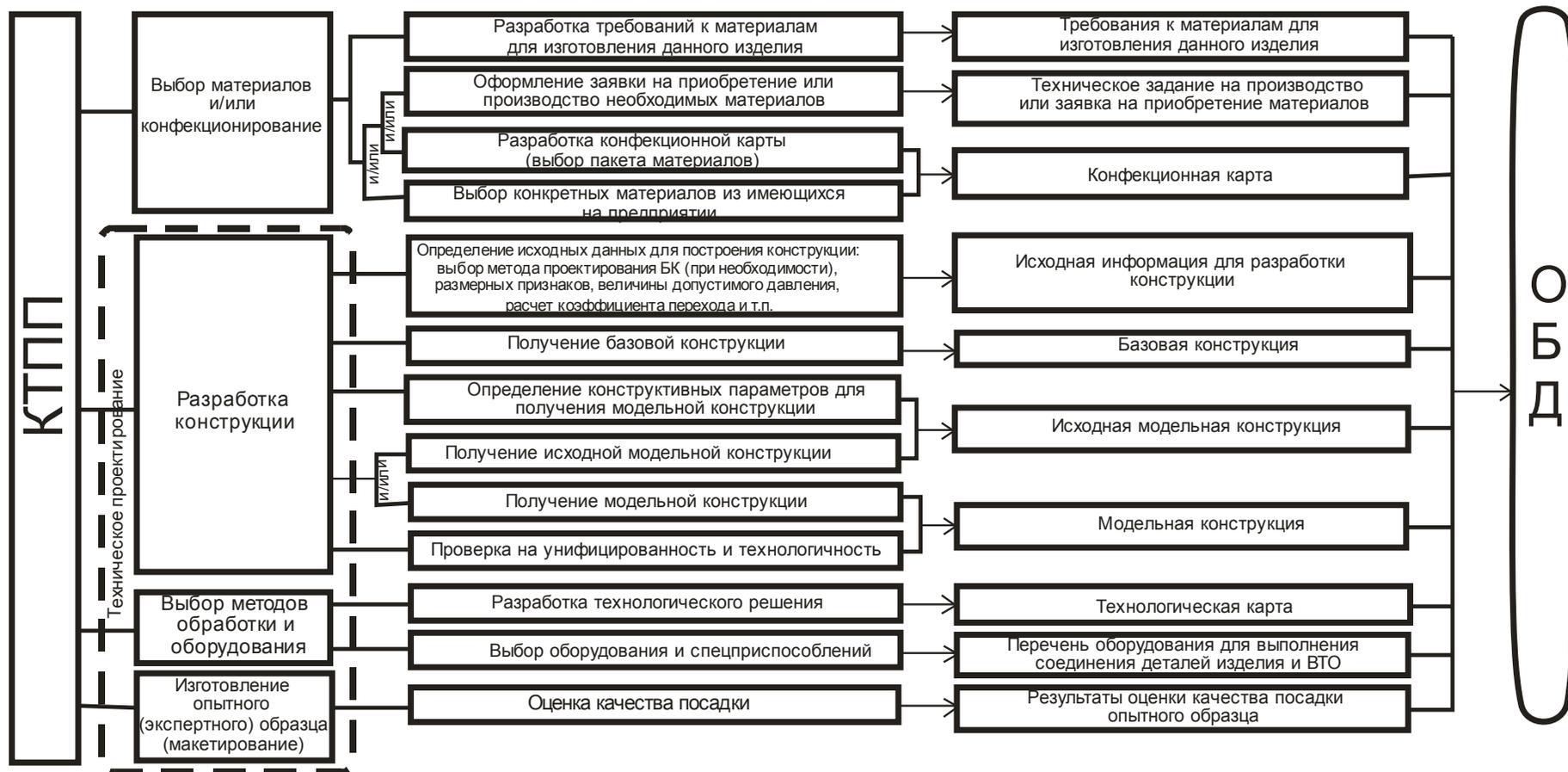


Рисунок 2.2 - Алгоритм формирования информационных массивов в подсистеме «Подготовительная стадия ЖЦ» (продолжение)

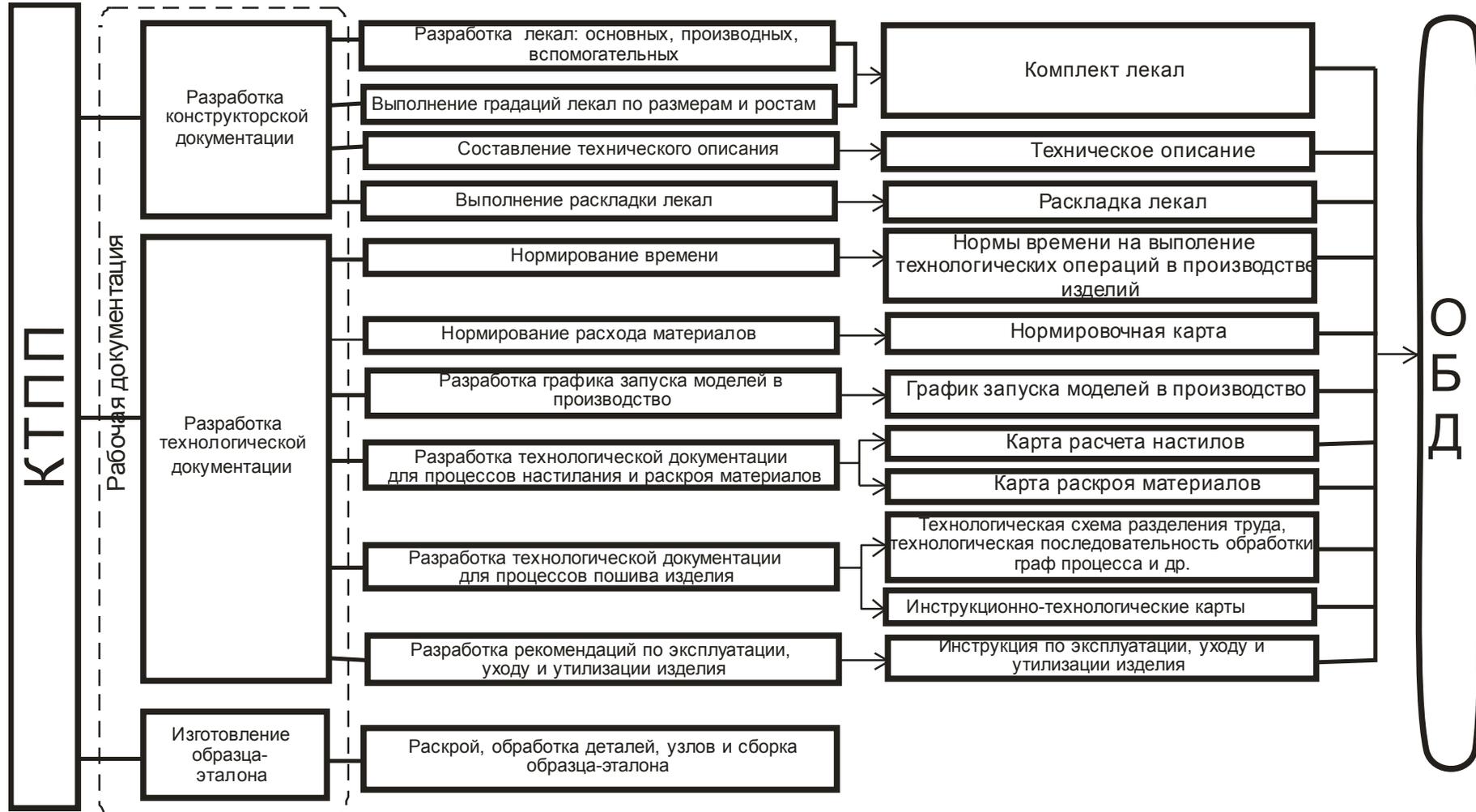


Рисунок 2.2 - Алгоритм формирования информационных массивов в подсистеме «Подготовительная стадия ЖЦ»
(продолжение)

Предложенный алгоритм может служить основой для разработки структурно-информационной модели подсистем подготовительной стадии жизненного цикла одежды, в том числе и подсистемы «Конструкторско-технологическая подготовка производства».

2.1.2 Разработка структурно-информационной модели конструкторско-технологической подготовки производства одежды

На основе разработанного алгоритма формирования информационных объектов ОБД в подсистемах ЖЦ швейных изделий, разработана структурно-информационная модель конструкторско-технологической подготовки производства одежды, учитывающая общие подходы, предусмотренные концепцией CALS. Разработка названной модели осуществлялась с учетом особенностей проектирования одежды из текстильных материалов легко деформируемой структуры, в том числе плотно облегаящей одежды из ВЭМ. Модель представляет собой совокупность структурно-информационных модулей, отражающих принципы использования, формирования и движения информации внутри отдельных подсистем КТПП.

Каждый структурно-информационный модуль, в общем случае, состоит из четырех элементов, как показано на рисунке 2.3.

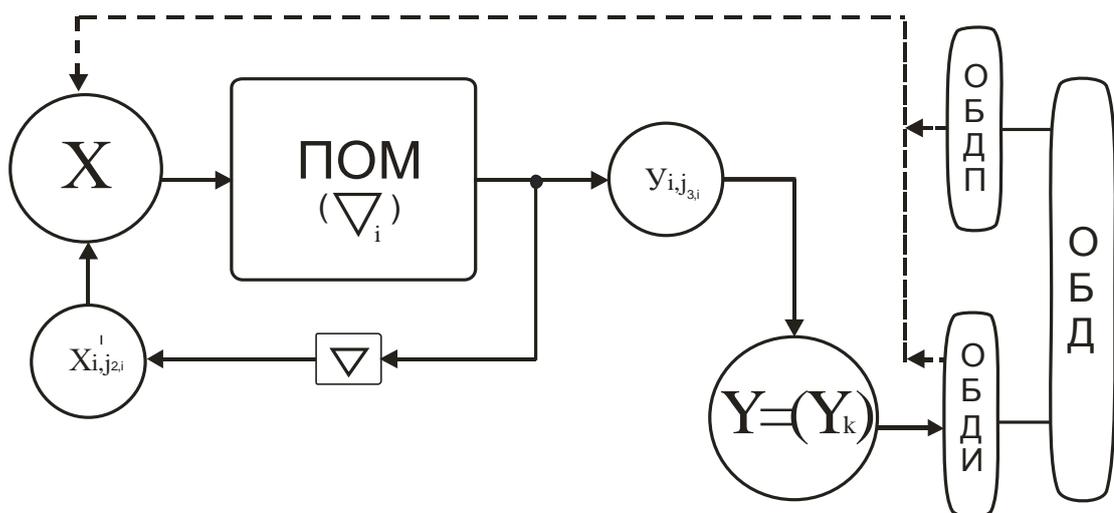


Рисунок 2.3 – Общая схема структурно-информационного модуля

В данном случае элемент «X» представляет собой всю совокупность информационных единиц входной информации, которая извлекается из ОБД или формируется при реализации проблемно-ориентированных моделей (ПОМ).

Элемент «ПОМ» является основой структурно-информационного модуля. В качестве данного элемента модуля в соответствии с принципами ИПИ-технологий выступают подсистемы КТПП или ее отдельные процессы. Для формирования структурно-информационных модулей могут быть использованы подсистемы КТПП различного уровня декомпозиции. При этом критериями выбора декомпозиционного уровня подсистемы КТПП в качестве основы структурно-информационного модуля являются количество информационных массивов, формируемых в ходе данного этапа ЖЦ и трансформируемых далее в самостоятельный технический документ, и степень информационной зависимости отдельных процессов КТПП. Внутренняя структура элемента «ПОМ» может быть различна: последовательная, последовательно-параллельная, логически оформленная.

Элемент «Y» представляет собой совокупность информационных объектов ОБДИ, формируемых в ходе реализации ПОМ из информационных массивов выходной информации. Структурой модуля предусмотрена возможность возврата в ПОМ выходной информации после требуемой обработки посредством оператора преобразований ∇ .

Элемент «ОБД», включает две составляющих: «ОБДИ» и «ОБДП», и представляет собой общую базу данных, которая в соответствии с принципами ИПИ-технологий включает две базы данных: общую базу данных об изделии и общую базу данных о предприятии. ОБД, по сути, является интегрированным хранилищем всей информации, возникающей в сегментах ЖЦ изделий. Согласно алгоритму исходная информация X извлекается из соответствующих разделов ОБДИ и ОБДП, а выходная информация Y формирует соответствующие информационные объекты ОБДИ. Учитывая разработан-

ные принципы, были выделены и сформированы 8 структурно-информационных модулей.

Для отображения информационного взаимодействия проблемно-ориентированных моделей подсистемы КТПП на логико-математическом языке введём необходимые символьные обозначения: A – ОБД; A_1 – ОБДП, A_2 – ОБДИ.

Тогда согласно теории множеств получим:

$$A \supseteq (A_1; A_2).$$

При этом

$$X = \{x_{i,j_{1,i}}; x'_{i,j_{2,i}}\}, \quad (x_{i,j_{1,i}}) \subset A; \quad x'_{i,j_{2,i}} \supseteq \{y_{i,j_{3,i}}\},$$

где

$$i = \overline{1, n}; \quad j_{1,i} = \overline{1, m_1}; \quad j_{2,i} = \overline{2, m_2}; \quad j_{3,i} = \overline{1, m_3}$$

$$\nabla(X) = (y_{i,j_{3,i}});$$

$$Y_j \supseteq \{y_{i,j_{3,i}}\}; \quad Y = \{Y_j\}, \quad \text{где } j = \overline{1, k}$$

$$(Y \cup A_2) \Rightarrow A.$$

При этом: n – количество проблемно-ориентированных моделей, формирующих элемент ПОМ, i – порядковый номер проблемно-ориентированной модели; $x_{i,j_{1,i}}$ – массив входной информации, извлекаемой из ОБДИ и используемой i -ой ПОМ, где $j_{1,i}$ – порядковый номер массива и m_1 – число массивов; $x'_{i,j_{2,i}}$ – массив входной информации, возникающей внутри ПОМ и используемой i -ой ПОМ, где $j_{2,i}$ – порядковый номер массива и m_2 – число массивов; $y_{i,j_{3,i}}$ – массив выходной информации, формируемый i -ой ПОМ, где $j_{3,i}$ – порядковый номер массива и m_3 – число массивов; Y_j – информационный объект, формируемый из массивов выходной информации $y_{i,j_{3,i}}$ и помещаемый в ОБД.

На рисунке 2.4 представлен структурно-информационный модуль «Разработка технического задания», основу которого образует совокупность

проблемно-ориентированных моделей подсистемы КТПП с аналогичным названием, в ходе функционирования каждой из которых формируется выходная информация в виде отдельных информационных единиц. Данные информационные единицы формируют информационный объект, который представляет собой технический документ «Техническое задание», поступающий в актуальный раздел ОБДИ. При этом при реализации проблемно-ориентированных моделей используется входная информация, извлекаемая как из ОБДП, так и из нормативно-справочного и долговременного разделов ОБДИ. Анализ содержания данной информации и структуры алгоритма формирования информационных объектов ОБД, представленного в п. 2.1.1, позволяет говорить о том, что практически вся эта информация возникла в процессе реализации проблемно-ориентированных моделей подсистемы ЖЦ «Предпроектная стадия ЖЦ».

Согласно теории множеств и с учетом ранее принятых обозначений информационное взаимодействие может быть описано следующим образом:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supseteq \{a_{2,j}\}, j = \overline{1,3},$$

где $a_{2,1}$ – нормативно-справочный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ, $a_{2,3}$ – актуальный раздел ОБДИ.

При этом согласно структурно-информационной модели (рис.2.4):

$$\begin{aligned} X &= \{x_{i,j_i}\}, \quad i = \overline{1,4}; \quad j_{1,1} = j_{1,2} = \overline{1,4}; \quad j_{1,3} = j_{1,4} = \overline{1,3}; \\ (x_{1,4}; x_{2,4}; x_{3,j_{1,3}}) &\subset A_1; \quad (x_{1,3}; x_{2,1}) \subset a_{2,1}; \quad (x_{1,1}; x_{1,2}; x_{2,2}; x_{2,3}; x_{4,j_{1,4}}) \subset a_{2,2}; \\ \nabla_{1,1}(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}; x_{1,4}) &= \{y_{1,j_{3,1}}\}, \quad j_{3,1} = \overline{1,2} \\ \nabla_{1,2}(x_{2,1}; x_{2,2}; x_{2,3}; x_{2,4}) &= \{y_{2,j_{3,2}}\}, \quad j_{3,2} = \overline{1,2}; \\ \nabla_{1,3}(x_{3,1}; x_{3,2}; x_{3,3}) &= \{y_{3,1}\}; \\ \nabla_{1,4}(x_{4,1}; x_{4,2}; x_{4,3}; x_{2,4}) &= \{y_{4,j_{3,4}}\}, \quad j_{3,4} = \overline{1,2} \\ Y &= Y_1; \quad Y_1 \supseteq \{y_{1,j_{3,1}}; y_{2,j_{3,2}}; y_{3,1}; y_{4,j_{3,4}}\}; \end{aligned}$$

$$Y_1 \cup (a_{2,3}) \subset A_2 \subset A.$$

где $\nabla_{1,1}$ - оператор определения целесообразности проектирования новой модели и определения размеро-ростовочного ряда; $\nabla_{1,2}$ - оператор разработки требований к изделию; $\nabla_{1,3}$ - оператор определения информационной базы; $\nabla_{1,4}$ - оператор выбора ассортиментной группы материалов и/или анализа свойств конкретных материалов. При этом: $x_{1,1}$ – результаты анализа и прогнозирования рынка сбыта и потребительского спроса; $x_{1,2}$ – классификация изделий; $x_{1,3}$ – типовой размеро-ростовочный ряд; $x_{1,4}$ – годовые планы выпуска продукции; $x_{2,1}$ – номенклатура показателей качества одежды; $x_{2,2}$ – нормативные требования (требования ТР и НД) к одежде с учетом ассортиментной группы; $x_{2,3}$ – результаты изучения потребительских требований; $x_{2,4}$ – результаты анализа ресурсов предприятия (кадровых, материально-технических и др.); $x_{3,1}$ – данные о заказчике; $x_{3,2}$ – данные о виде, мощности предприятия; $x_{3,3}$ – результаты календарного планирования (сроки разработки); $x_{4,1}$ – каталог материалов предприятия; $x_{4,2}$ – классификация и общая характеристика ассортимента материалов; $x_{4,3}$ – характеристика модных тенденций в материалах; Y_1 – техническое задание, формируемое на основе выходных информационных единиц: $y_{1,1}$ – ассортиментная группа, вид изделия и целевое назначение изделия; $y_{1,2}$ – рекомендуемые размеры и роста; $y_{2,1}$ – потребительские требования к проектируемому изделию с учетом назначения, половозрастной группы и т.д.; $y_{2,2}$ – технико-экономические требования к проектируемому изделию; $y_{3,1}$ – данные о проекте: заказчик, руководитель, исполнитель проекта, классификация работы, сроки выполнения, вид производства, стадии разработки, исходные и справочные материалы; $y_{4,1}$ – ассортиментная группа материалов и особенности их свойств; $y_{4,2}$ – характеристика свойств конкретных материалов.

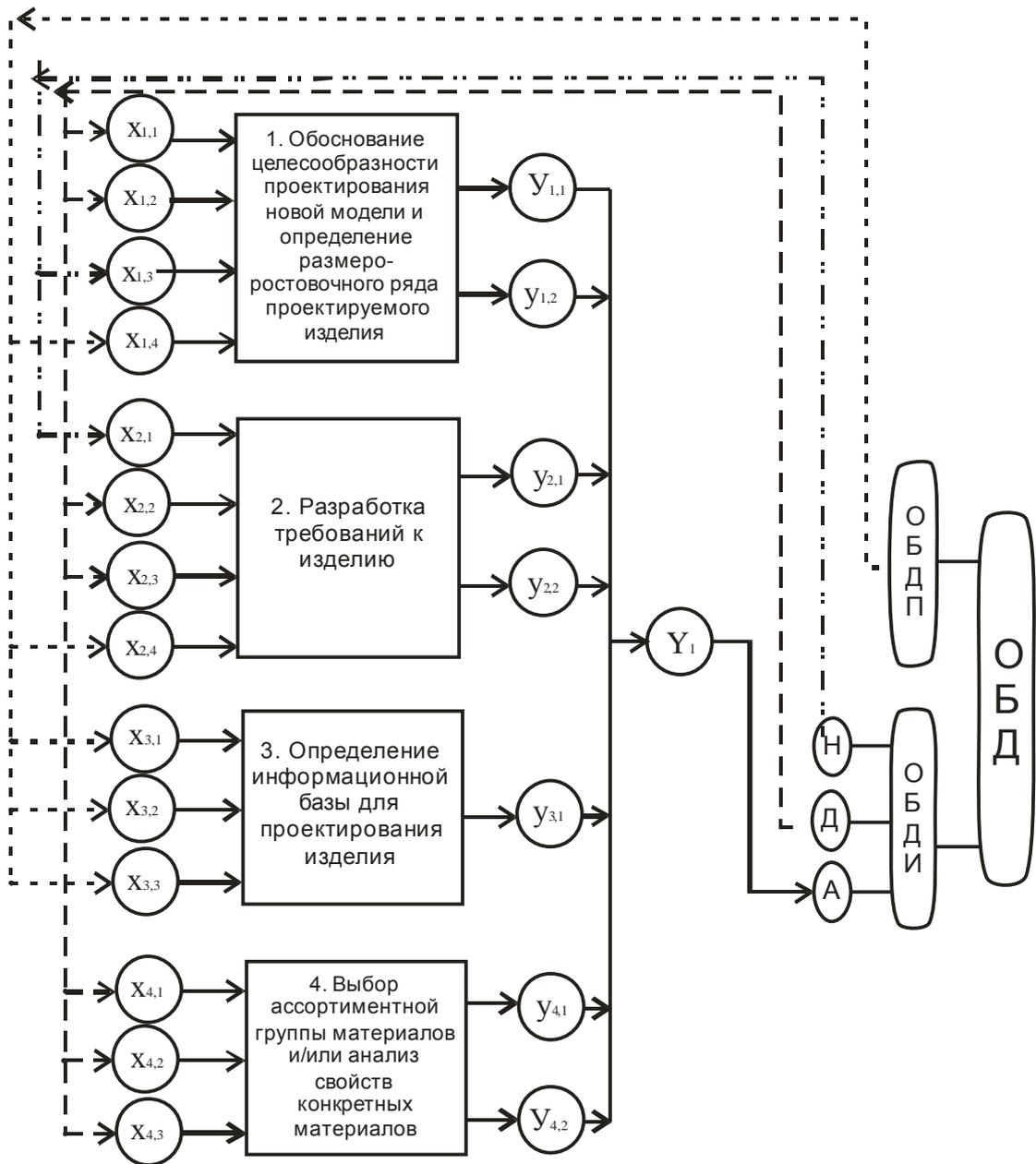


Рисунок 2.4 – Структурно-информационный модуль «Разработка технического задания»

В соответствии с рисунком 2.5 основой для построения структурно-информационного модуля «Разработка технического предложения» является совокупность проблемно-ориентированных моделей, реализуемых в рамках подсистемы КТПП с одноименным названием. В ходе функционирования ПОМ формируется два информационных массива, которые в свою очередь формируют два информационных объекта: «Ряд моделей-аналогов» и «Тех-

ническое предложение». Первый ИО не является самостоятельным техническим документом, однако информация, хранящаяся в нем, может использоваться при проектировании и других единиц изделий аналогичного назначения и ассортимента, при внесении в случае необходимости корректировок, связанных с возможными изменениями входной информации, обусловленными, например, изменениями в направлении моды. В связи с этим, данный ИО целесообразно поместить в долговременный раздел ОБДИ. Информация, формирующая ИО «Техническое предложение», необходима для реализации последующего этапа КТПП «Эскизный проект», поэтому он помещается в актуальный раздел ОБДИ. В качестве входной информации при реализации проблемно-ориентированных моделей используются, в основном, информационные массивы, формируемые в ходе выполнения предпроектных исследований, хранящиеся в долговременном разделе ОБДИ.

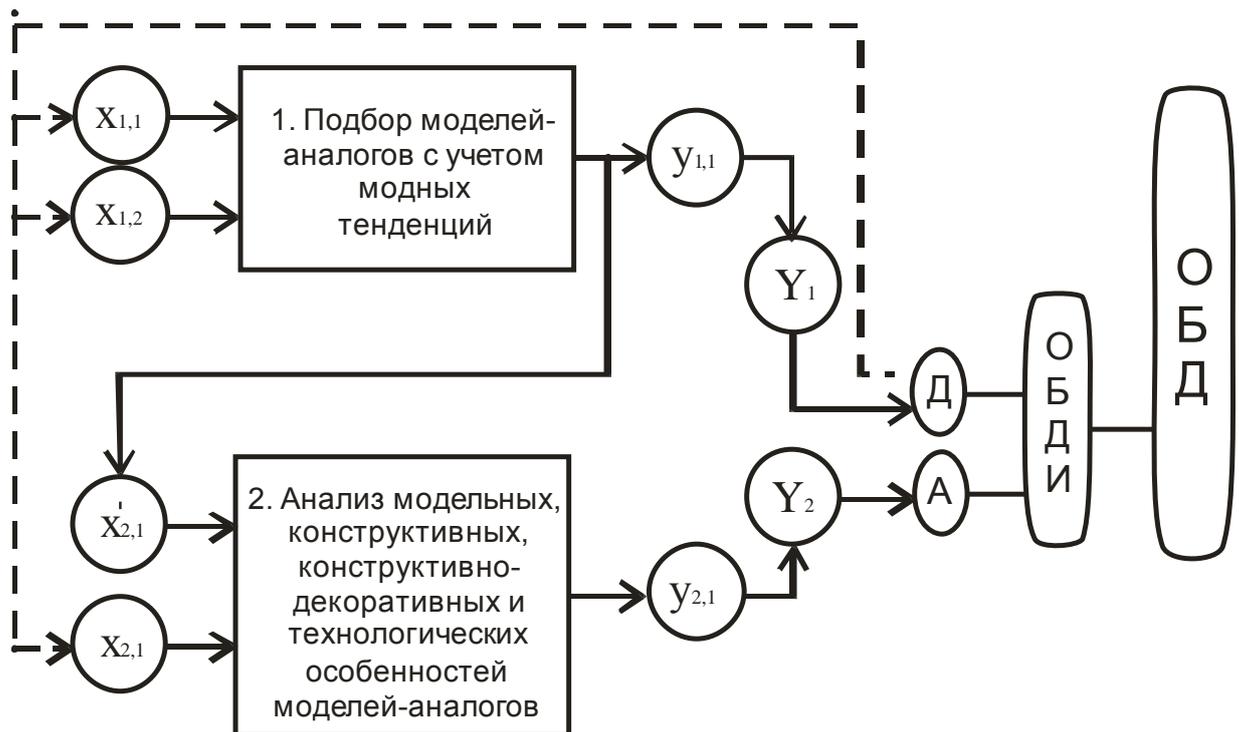


Рисунок 2.5 – Структурно-информационный модуль «Разработка технического предложения»

Согласно теории множеств и ранее принятым обозначениям в данном случае:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supset (a_{2,1}; a_{2,2}),$$

где $a_{2,1}$ – актуальный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ.

При этом согласно структурно-информационной модели (рис.2.5):

$$X = \{x_{i,j_i}; x'_{2,1}\}, \quad i = \overline{1,2}; \quad j_{1,1} = \overline{1,2}; \quad j_{1,2} = 1;$$

$$(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{2,1}) \subset a_{2,1}; \quad x'_{2,1} \subseteq y_{1,1},$$

$$\nabla_{2,1}(x_{1,1}; x_{1,2}) = (y_{1,1} \subset Y_1),$$

$$\nabla_{2,2}(x'_{2,1}; x_{2,1}) = (y_{2,1} \subseteq Y_2),$$

$$Y = \{Y_1; Y_2\}; \quad Y_1 \cup (a_{2,2}) \subset A_2 \subset A; \quad Y_2 \cup (a_{2,1}) \subset A_2 \subset A,$$

где $\nabla_{2,1}$ -оператор подбора моделей-аналогов с учётом модных тенденций; $\nabla_{2,2}$ - оператор анализа модельных особенностей моделей-аналогов. При этом: $x_{1,1}$ – общая характеристика модных тенденций на текущий и перспективный периоды; $x_{1,2}$ – каталог моделей одежды, отражающих модные тенденции; $x_{2,1}$ – каталог типовых конструктивных и технологических решений изделий; $x'_{2,1} = y_{1,1}$ – ряд моделей-аналогов; $y_{2,1}$ – модели-предложения; Y_2 – техническое предложение.

В основу разработки структурно-информационного модуля «Эскизное проектирование» (рисунок 2.6), положены процессы подсистемы КТПП с одноименным названием. Создаваемые в ходе реализации проблемно-ориентированных моделей, составляющих основу данного модуля, информационные массивы в последствии трансформируются в форму интерактивных электронных документов, формирующих информационный объект актуального раздела ОБДИ «Эскизный проект». Кроме того, данные выходные информационные массивы являются и массивами входной информации, возникающей и используемой внутри совокупности ПОМ наряду с информацией, извлекаемой из актуального и долговременного разделов ОБДИ.

На логико-математическом языке согласно теории множеств и ранее принятых обозначений:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supset (a_{2,1}; a_{2,2}),$$

где $a_{2,1}$ – актуальный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ.

При этом в соответствии со структурно-информационной моделью (рис.2.5):

$$\begin{aligned} X &= \{x_{i,j_{1,i}}; x'_{i,j_{2,i}}\}, \\ i &= \overline{1,4}; \quad j_{1,1} = \overline{1,3}; \quad j_{1,2} = j_{1,4} = \overline{1,2}; \quad j_{1,3} = j_{2,2} = j_{2,3} = j_{2,4} = 1; \\ a_{2,1} &\supset \{x_{1,1}; x_{1,2}; x_{2,1}; x_{3,1}; x_{4,1}\}; \quad (x_{2,1}) = (x_{3,1}) = (x_{4,1}), \\ a_{2,2} &\supset \{x_{1,3}; x_{2,2}; x_{4,2}\}; \quad (x_{2,2}) = (x_{4,2}); \\ (x'_{2,1}) &\subseteq (y_{1,1}); \quad (x'_{3,1}) \subseteq (y_{2,1}); \quad (x'_{4,1}) \subseteq (y_{3,1}) \\ \nabla_{3,1}(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}) &= (y_{1,1}), \quad \nabla_{3,2}(x'_{2,1}; x_{2,1}; x_{2,2}) = (y_{2,1}), \\ \nabla_{3,3}(x'_{3,1}; x_{3,1}; x_{2,2}) &= (y_{3,1}), \quad \nabla_{3,4}(x'_{4,1}; x_{4,1}; x_{4,2}) = (y_{4,1}), \\ Y &= Y_1; \quad Y_1 \supseteq \{y_{1,1}; y_{2,1}; y_{3,1}; y_{4,1}\}; \quad Y_1 \cup (a_{2,1}) \subset A_2 \subset A, \end{aligned}$$

где $\nabla_{3,1}$ – оператор разработки требований, предъявляемых к выбору модели изделия; $\nabla_{3,2}$ – оператор разработки художественного эскиза; $\nabla_{3,3}$ – оператор разработки технического рисунка; $\nabla_{3,4}$ – оператор разработки ассортиментной серии моделей. При этом: $x_{1,1}$ – потребительские требования к проектируемому изделию; $x_{1,2}$ – технико-экономические требования к проектируемому изделию; $x_{1,3}$ – характеристика свойств конкретного материала или материалов заданной ассортиментной группы; $x_{2,1} = x_{3,1} = x_{4,2}$ – общая характеристика модных тенденций на перспективный период; $x_{2,2} = x_{4,1}$ – техническое предложение; $x'_{2,1} = y_{1,1}$ – требования, предъявляемые к выбору модели проектируемого изделия; $x'_{3,1} = y_{2,1}$ – художественный эскиз; $x'_{4,1} = y_{3,1}$ – технический рисунок; $y_{4,1}$ – ассортиментная серия моделей на одной базовой конструктивной основе; Y_3 – эскизный проект.

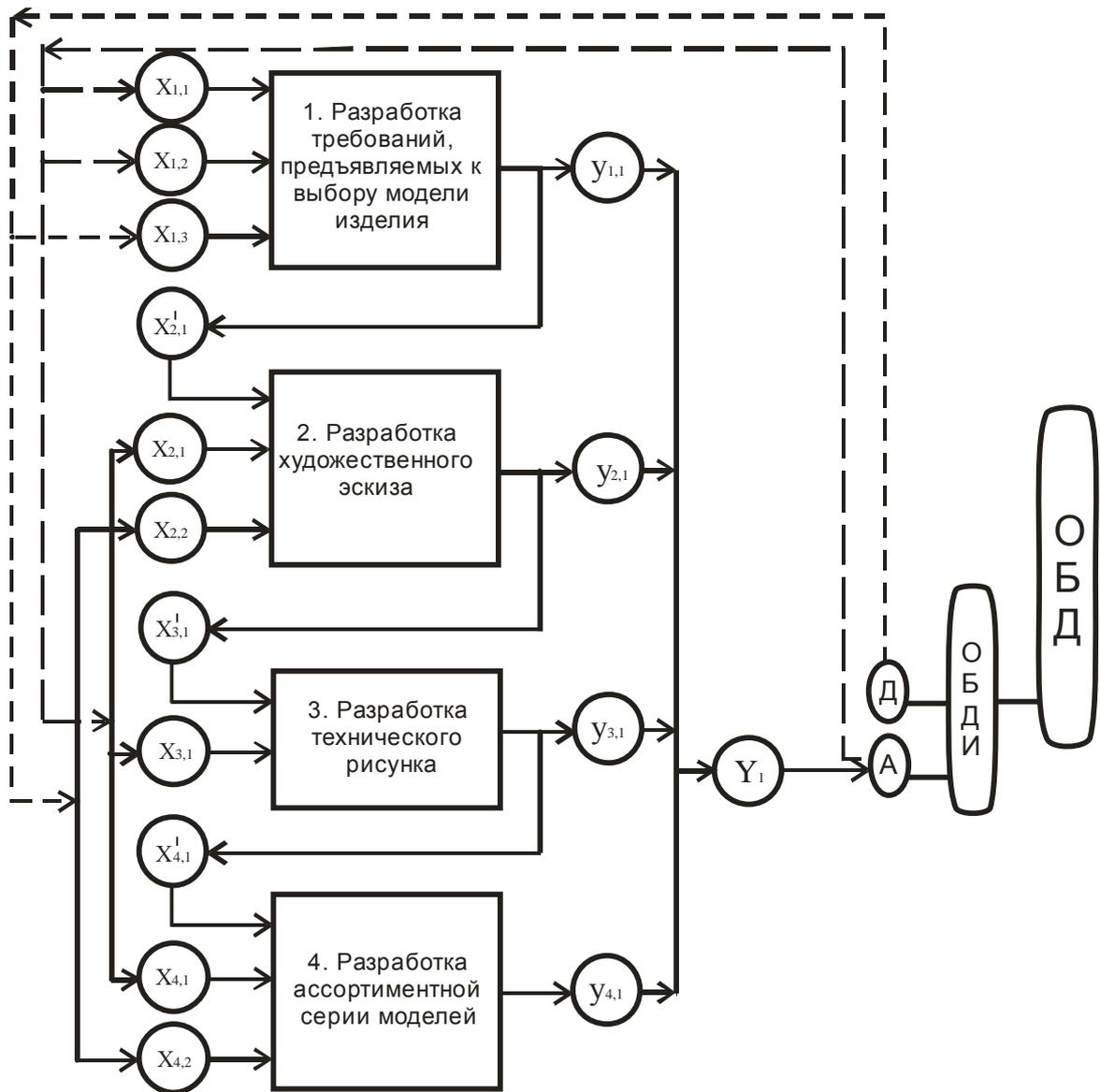


Рисунок 2.6 – Структурно-информационный модуль «Эскизное проектирование»

Структурно-информационный модуль, характеризующий формирование и движение информации внутри подсистемы «Выбор материалов и /или конфекционирование», представленный на рисунке 2.7, разработан в виде структурно-логической модели, отражающей пути реализации различных подходов к решению конкретных задач, стоящих перед исполнителем. То есть структура основы модуля предусматривает возможности как выбора из

материалов, имеющихся на предприятии, так и изготовления или приобретения материалов в соответствии с разработанными требованиями с учетом особенностей модели проектируемого изделия. В зависимости от стоящих перед исполнителем задач и выбранных путей их реализации может формироваться один из двух информационных объектов (ИО): либо конфекционная карта (при выборе материалов из уже имеющихся на предприятии), либо заявка на приобретение материалов или техническое задание на их производство в соответствии с разработанными требованиями. В любом случае формируемый информационный объект является интерактивным техническим документом, хранящимся в актуальном разделе ОБДИ. Информационные объекты ОБДИ формируются на основе выходных информационных массивов с одноименным названием. Входная информация, извлекаемая из нормативно-справочного и долговременных разделов ОБДИ, используется, в основном, при реализации проблемно-ориентированной модели «Разработка требований к материалам для изготовления изделия». Результатом функционирования данной ПОМ является информационный массив, который после логического преобразования по условию необходимости приобретения или производства требуемых материалов играет роль входной информации для реализации соответствующей условиям выбора проблемно-ориентированной модели. В случае если материалы выбираются из тех, которые имеются на предприятии, вновь решается логическая задача, связанная с возможностью реализации такого выбора. Т.е. при наличии материалов идет формирование конфекционной карты, а при их отсутствии – формируется заявка на приобретение или ТЗ на производство требуемых материалов.

Информационное взаимодействие проблемно-ориентированных моделей данного структурно-информационного модуля с использованием теории множеств может быть представлено следующим образом:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supseteq \{a_{2,j}\}, j = \overline{1,3},$$

где $a_{2,1}$ – нормативно-справочный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ, $a_{2,3}$ – актуальный раздел ОБДИ.

$$X = \{x_{1,j_{1,1}}; x_{2,1}; x'_{2,1}; x'_{4,1}\}, j_{1,1} = \overline{1,6};$$

$$a_{2,1} \supset (x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}; x_{1,4}; x_{1,6}); a_{2,2} \supset (x_{2,1}); a_{2,3} \supset (x_{1,5}); \nabla(y_{1,1}) = (x'_{2,1}; x'_{4,1});$$

$$\nabla_{4,1}(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}; x_{1,4}; x_{1,5}; x_{1,6}) = (y_{1,1}); \nabla_{4,2}(x'_{2,1}; x_{2,1}) = (y_{2,1});$$

$$\nabla_{4,3}(y_{2,1}) = [(y_{3,1}; y_{3,2}; y_{3,3}; y_{3,4}; y_{3,5}) \subseteq Y_1]; \nabla_{4,4}(x'_{4,1}) = (y_{4,1} \subseteq Y_2);$$

$$Y = Y_1 \text{ или } Y = Y_2; Y_1 \cup (a_{2,1}) \subset A_2 \subset A,$$

где $\nabla_{4,1}$ - оператор разработки требований к материалам для изготовления изделия; $\nabla_{4,2}$ - оператор выбора конкретных материалов; $\nabla_{4,3}$ - оператор разработки конфекционной карты; $\nabla_{4,4}$ - оператор разработки заявки на приобретение/производство необходимых материалов. При этом: $x_{1,1}$ – ассортиментная группа, вид и целевое назначение изделия; $x_{1,2}$ – технический рисунок и описание модели; $x_{1,3}$ - потребительские требования к проектируемому изделию; $x_{1,4}$ - технико-экономические требования к проектируемому изделию; $x_{1,5}$ – требования технических регламентов и нормативных документов к материалам; $x_{1,6}$ –технологическая карта; $x_{2,1}$ – каталог материалов предприятия; $x'_{2,1} = x'_{4,1}$ – комплекс требований к материалам для изготовления изделия; $U_{3,1}, U_{3,2}, U_{3,3}, U_{3,4}, U_{3,5}$ - характеристика материалов верха, прокладочного, подкладочного, скрепляющего материалов и фурнитуры соответственно; Y_4 – конфекционная карта; $y_{4,1} = Y_4$ – техническое задание на производство или заявка на приобретение материалов.

На рисунке 2.8 представлен структурно-информационный модуль «Разработка конструкции», в основу которого положены процессы, реализуемые в рамках подсистемы КТПП «Техническое проектирование», такие как «Определение исходных данных для разработки конструкции изделия» и «Получение конструкции». Данные процессы имеют единую конечную цель и находятся в непосредственной информационной зависимости.

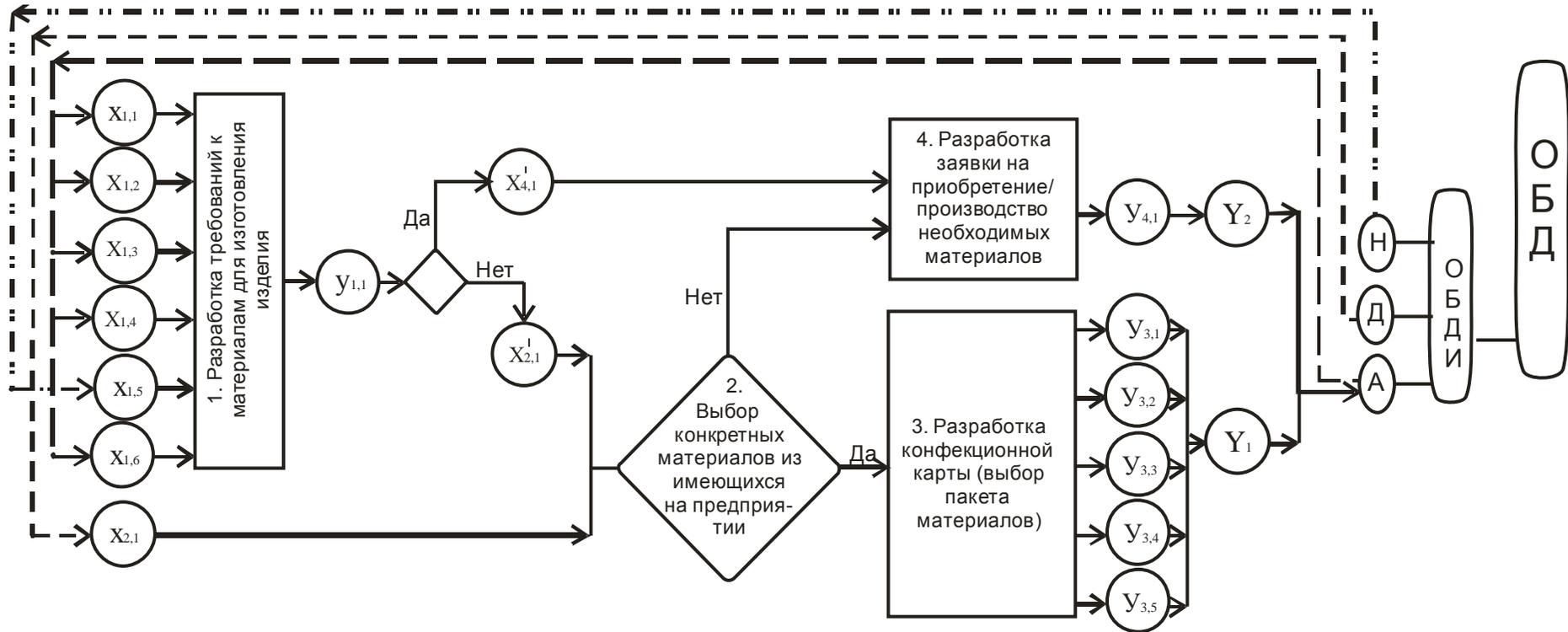


Рисунок 2. 7 – Структурно-информационный модуль «Выбор материалов и/или конфекционирование»

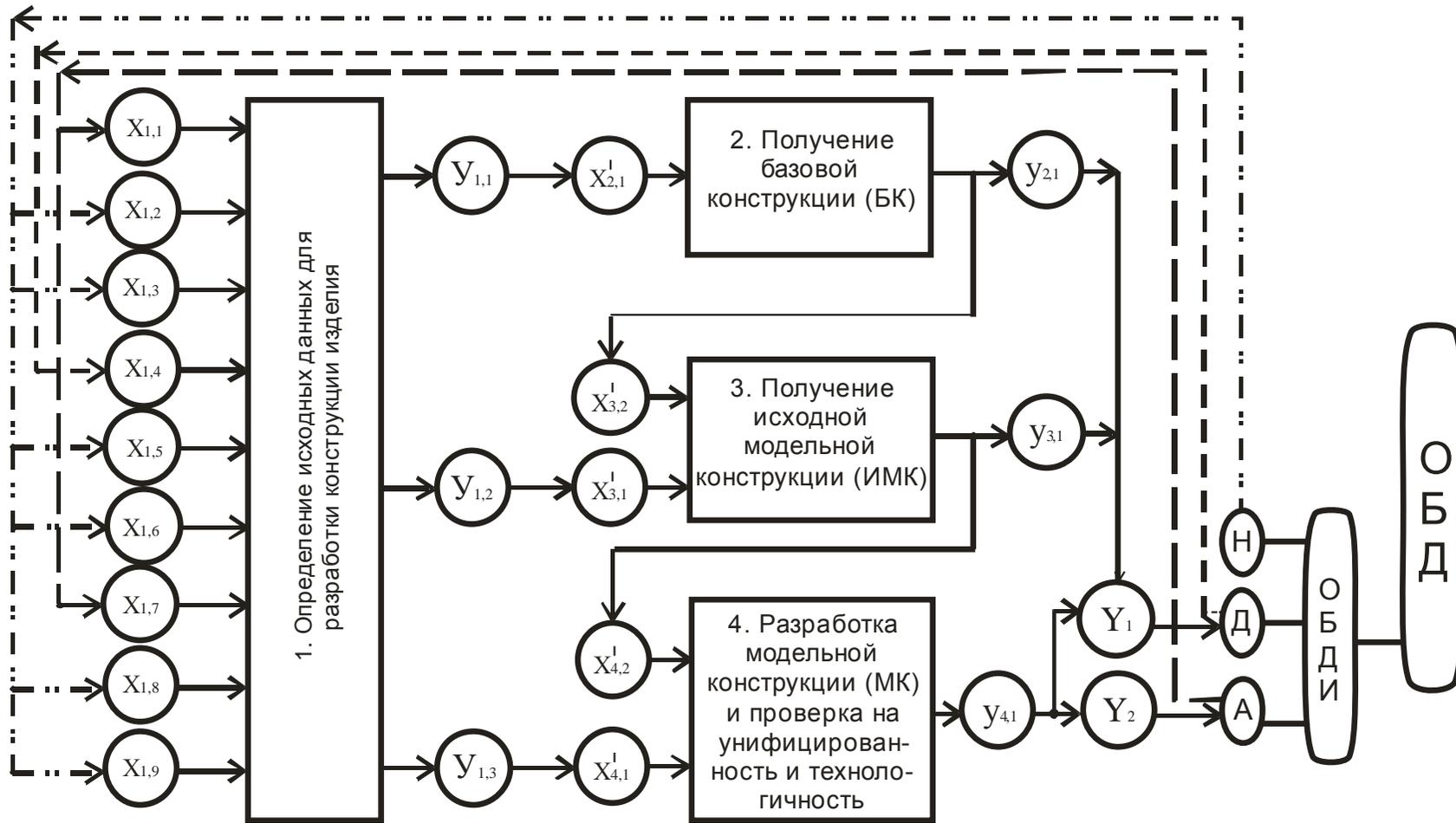


Рисунок 2.8 – Структурно-информационный модуль «Разработка конструкции»

Основа модуля имеет последовательно-параллельную структуру. При реализации проблемно-ориентированной модели «Определение исходных данных для разработки конструкции» используется практически вся входная информация, извлекаемая из нормативно-справочного и долговременного разделов ОБДИ. Результатом функционирования данной ПОМ являются три информационных массива, включающие информацию, являющуюся входной по отношению к последующим проблемно-ориентированным моделям. В результате реализации ПОМ формируются три информационных массива, которые, в свою очередь, образуют два информационных объекта ОБДИ. ИО «Модельная конструкция проектируемого изделия», формируемый из одного информационного массива с одноименным названием, целесообразно хранить в актуальном разделе ОБДИ. Данный информационный массив совместно с двумя другими массивами выходной информации также участвует и в формировании второго ИО «Конструктивные решения для формирования архива готовых проектов», хранение которого, в виду возможности многократного использования, целесообразно в долговременном разделе ОБДИ. При этом информационные массивы «Базовая конструкция» и «Исходная модельная конструкция» служат входной информацией для последующих ПОМ, наряду с информационными массивами, сформированными ранее в процессе реализации проблемно-ориентированной модели «Определение исходных данных для разработки конструкции».

В данном случае информационно-логическое взаимодействие может быть описано следующим образом:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supseteq \{a_{2,j}\}, j = \overline{1,3},$$

где $a_{2,1}$ – нормативно-справочный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ, $a_{2,3}$ – актуальный раздел ОБДИ.

$$X = \{x_{1,j_{1,1}}; x'_{i,j_{2,i}}\}, \quad j_{1,1} = \overline{1,9}; \quad i = \overline{2,4}; \quad j_{2,2} = 1; \quad j_{2,3} = j_{2,4} = \overline{1,2};$$

$$a_{2,1} \supset \{x_{1,1}; x_{1,7}\}; \quad a_{2,2} \supset \{x_{1,4}\}; \quad a_{2,3} \supset \{x_{1,2}; x_{1,3}; x_{1,5}; x_{1,6}; x_{1,8}; x_{1,9}\};$$

$$\begin{aligned}
(x'_{2,1}) \subseteq (y_{1,1}); \quad (x'_{3,1}) \subseteq (y_{1,2}); \quad (x'_{4,1}) \subseteq (y_{1,3}); \quad (x'_{3,2}) \subseteq (y_{2,1}); \quad (x'_{4,2}) \subseteq (y_{3,1}) \\
\nabla_{5,1}(x_{1,1} \dots x_{1,9}) = (y_{1,1}; y_{1,2}; y_{1,3}), \quad \nabla_{5,2}(x'_{2,1}) = (y_{2,1}), \\
\nabla_{5,3}(x'_{3,1}; x'_{3,2}) = (y_{3,1}), \quad \nabla_{5,4}(x'_{4,1}; x'_{4,2}) = (y_{4,1}), \\
Y = \{Y_1; Y_2\}; \quad Y_1 \supseteq \{y_{2,1}; y_{3,1}; y_{4,1}\}; \quad Y_1 \cup (a_{2,2}) \subset A_2 \subset A; \\
Y_2 \supseteq \{y_{4,1}\}; \quad Y_2 \cup (a_{2,1}) \subset A_2 \subset A,
\end{aligned}$$

где $\nabla_{5,1}$ - оператор определения исходных данных для разработки конструкции; $\nabla_{5,2}$ - оператор получения БК; $\nabla_{5,3}$ - оператор получения ИМК; $\nabla_{5,4}$ - оператор получения МК. При этом: $x_{1,1}$ – рекомендуемые размеры и роста; $x_{1,2}$ – размерные признаки типовых фигур; $x_{1,3}$ - методы проектирования базовой конструкции; $x_{1,4}$ – типовые конструктивные решения; $x_{1,5}$ – методика определения допустимого давления; $x_{1,6}$ – методика расчета конструктивных параметров; $x_{1,7}$ – структура и свойства выбранного материала; $x_{1,8}$ – методика расчета коэффициента перехода; $x_{1,9}$ – методика расчета унифицированности и технологичности конструкции; $x'_{2,1}, x'_{3,1}, x'_{4,1}$ – исходные данные для получения БК, ИМК и МК изделия соответственно; $x'_{3,2} = y_{2,1}$ – базовая конструкция проектируемого изделия; $x'_{4,2} = y_{3,1}$ – исходная модельная конструкция; Y_1 – конструктивные решения для формирования архива готовых проектов (или ИО ОБДИ «Типовые конструктивные решения»); $y_{4,1} = Y_2$ – модельная конструкция проектируемого изделия.

Такой этап подсистемы КТПП «Техническое проектирование», как «Выбор методов обработки и технологического оборудования», представлен в виде самостоятельного структурно-информационного модуля в соответствии с рисунком 2.9. Это обусловлено тем, что в результате реализации совокупности проблемно-ориентированных моделей, составляющих основу модуля, формируются информационные массивы, а на их базе информационные объекты ОБДИ, носящие относительно независимый характер по отношению к другим процессам этапа КТПП «Техническое проектирование».

Как видно из схемы (рис. 2.9), проблемно-ориентированные модели, формирующие основу данного структурно-информационного модуля, при их функционировании используют, в основном, входную информацию, извлекаемую из актуального и долговременного разделов ОБДИ и ОБДП. При реализации ПОМ «Выбор оборудования и спецприспособлений» дополнительно после некоторых преобразований, связанных с фильтрацией (селекцией) информации, используется информационный массив, сформированный внутри совокупности ПОМ и являющийся выходным по отношению к проблемно-ориентированной модели «Разработка технологического решения». В результате реализации совокупности ПОМ последовательно формируется два информационных массива: «Технологическая карта» и «Перечень рекомендуемого для использования технологического оборудования и спецприспособлений», а на их основе два информационных объекта актуального раздела ОБДИ с одноименными названиями. Названные ИО могут существовать как в виде самостоятельных технических документов, так и являться промежуточным документом, необходимым при разработке технологической документации для процессов пошива изделия.

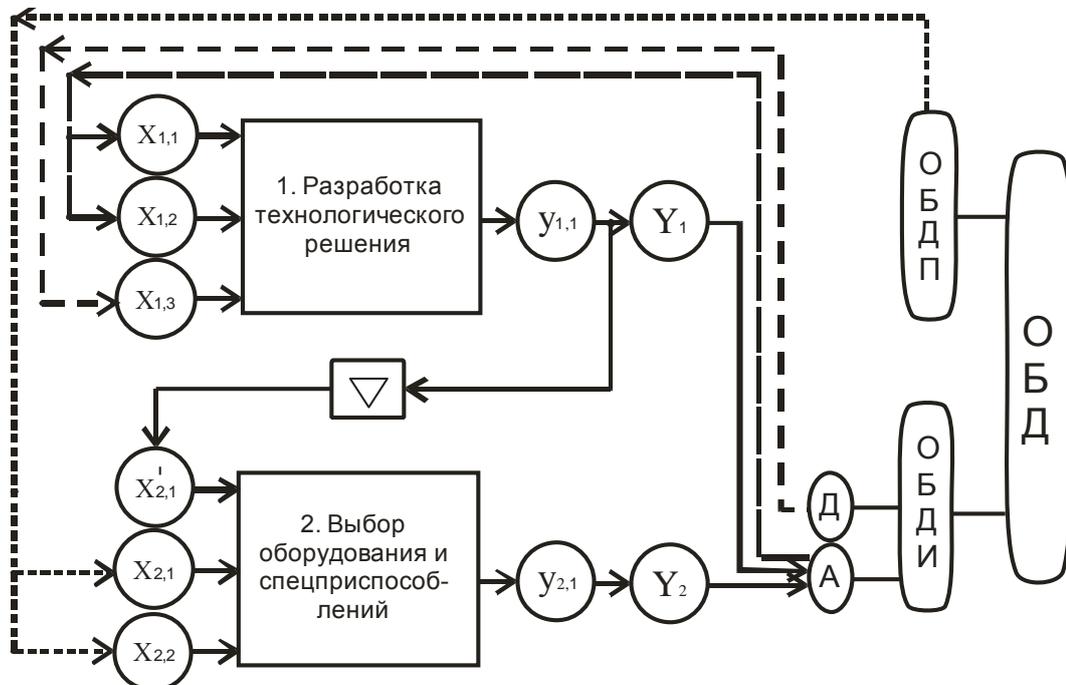


Рисунок 2.9 – Информационный модуль «Выбор методов обработки и технологического оборудования»

Согласно теории множеств и ранее принятых обозначений:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supset (a_{2,1}; a_{2,2}),$$

где $a_{2,1}$ – актуальный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ.

При этом согласно структурно-информационной модели (рис.2.9):

$$X = \{x_{i,j_i}; x'_{2,1}\}, \quad i = \overline{1,2}; \quad j_{1,1} = \overline{1,3}; \quad j_{1,2} = \overline{1,2};$$

$$(x_{1,1}; x_{1,2}) \subset a_{2,1}; \quad (x_{1,3}) \subset a_{2,2}; \quad (x_{2,1}; x_{2,2}) \subset A_1; \quad x'_{2,1} \subseteq y_{1,1},$$

$$\nabla_{6,1}(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}) = (y_{1,1} \subseteq Y_1),$$

$$\nabla_{6,2}(x'_{2,1}; x_{2,1}; x_{2,2}) = (y_{2,1} \subseteq Y_2),$$

$$Y = \{Y_1; Y_2\}; \quad Y \cup (a_{2,1}) \subset A_2 \subset A,$$

где $\nabla_{6,1}$ - оператор разработки технологического решения; $\nabla_{6,2}$ - оператор выбора оборудования и спецприспособлений. При этом: $x_{1,1}$ – структура и свойства материала верха (протокол испытаний материалов); $x_{1,2}$ – технический рисунок, техническое описание модели; $x_{1,3}$ – типовые технологические решения; $x_{2,1}$ - экспликация оборудования предприятия; $x_{2,2}$ – каталог технологического оборудования и его производителей; $x'_{2,1}$ - структура выполняемых технологических операций (вид работ); $y_{1,1} = Y_1$ – технологическая карта; $y_{2,1} = Y_2$ – перечень рекомендуемого технологического оборудования и спецприспособлений для соединения деталей и ВТО.

Проверка принятых на этапе КТПП «Техническое проектирование» проектных решений происходит в процессе изготовления опытного (экспертного) образца. При этом возникающая на выходе подсистемы информация не формирует данных, которые возможно трансформировать в интерактивные технические документы. В связи с этим нецелесообразно представлять данную подсистему в виде структурно-информационного модуля. Однако данная информация может использоваться в качестве входной при реализации проблемно-ориентированных моделей вышеназванной подсистемы КТПП

для принятия требуемых корректирующих мер на основе результатов анализа посадки и процесса обработки экспертного образца.

Подсистема КТПП «Рабочая документация» представлена в виде двух структурно-информационных модулей в соответствии с рисунками 2.10 и 2.11: «Разработка комплекта конструкторской документации» и «Разработка комплекта технологической документации». Данное разделение обусловлено тем, что в подсистеме КТПП в ходе реализации процессов формируются информационные массивы, представляющие собой информационно независимые технические документы, которые содержат различную по содержанию информацию и используются на производственной и постпроизводственной стадиях ЖЦ при выполнении разных видов работ.

Как видно из схемы (рис. 2.10), основу структурно-информационного модуля «Разработка комплекта конструкторской документации» составляет совокупность из четырех проблемно-ориентированных моделей, в ходе последовательной реализации которых формируются информационные массивы, из которых создается полный комплект технических документов, входящих в состав конструкторской документации. Данный комплект документов и является ИО актуального раздела ОБДИ. Кроме того, эта информация помещается и в долговременный раздел ОБДИ, где наряду с иной информацией формирует информационный объект «Архив готовых проектов». При этом в качестве входной ПОМ используют информацию, извлекаемую из нормативно-справочного и актуального разделов ОБДИ, а также данные, возникающие внутри совокупности ПОМ и являющиеся выходными по отношению к предыдущим проблемно-ориентированным моделям. Выходная для первой и второй ПОМ информация становится входной для последующих проблемно-ориентированных моделей после некоторых преобразований, связанных с отбором требуемых данных.

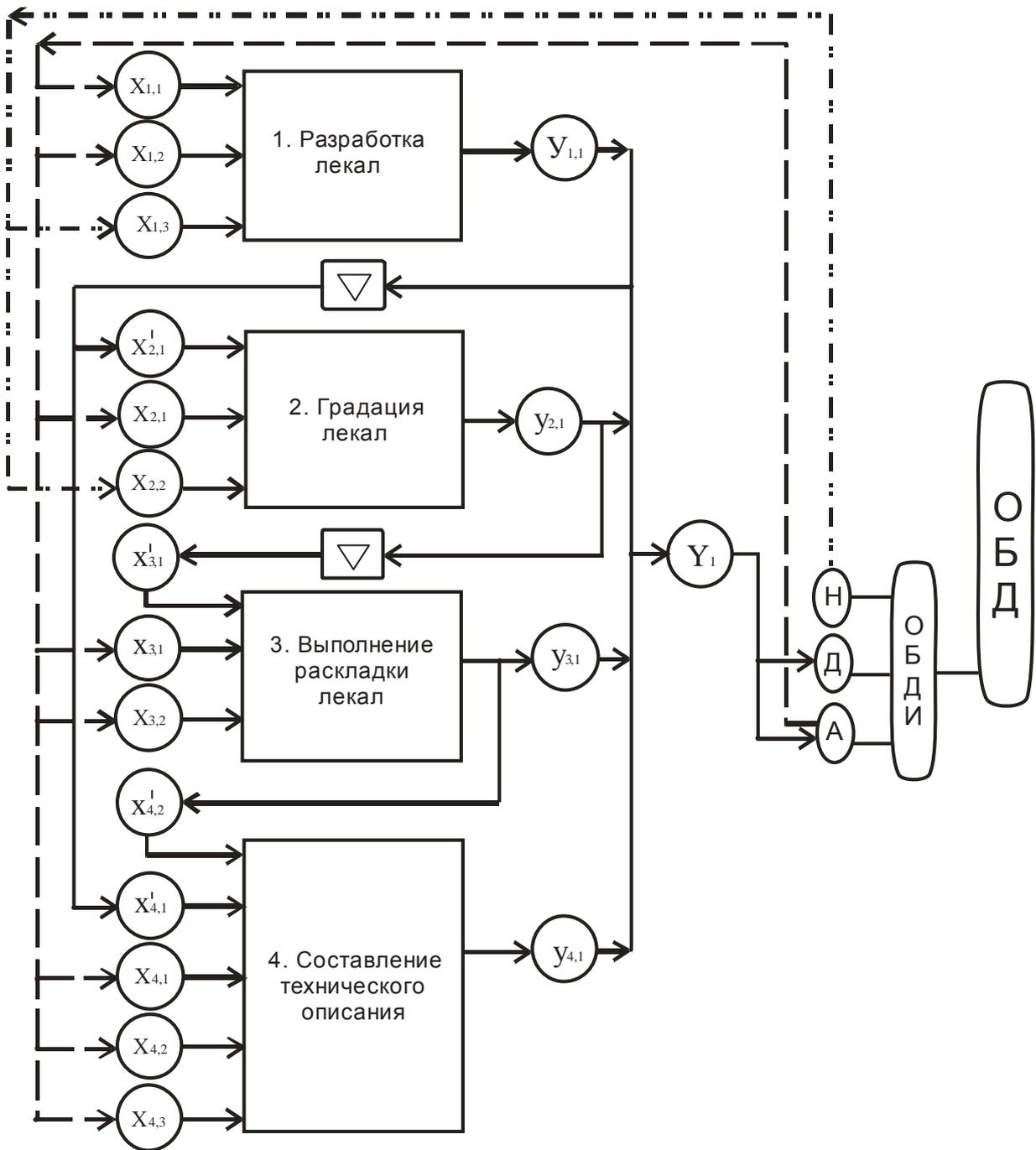


Рисунок 2.10 – Структурно-информационный модуль «Разработка конструкторской документации»

В данном случае информационное взаимодействие может быть представлено следующим образом:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supseteq \{a_{2,j}\}, j = \overline{1,3},$$

где $a_{2,1}$ – нормативно-справочный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ, $a_{2,3}$ – актуальный раздел ОБДИ.

$$\begin{aligned}
 X &= \{x_{1,j_{1,1}}; x'_{i,j_{2,i}}\}, \\
 i &= \overline{1,4}; \quad j_{1,1} = j_{1,4} = \overline{1,3}; \quad j_{1,2} = j_{1,3} = \overline{1,2}; \quad j_{2,2} = j_{2,3} = 1; \quad j_{2,4} = \overline{1,2}; \\
 &(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{2,1}; x_{3,1}; x_{4,j_{1,4}}) \subset a_{2,1}; \quad (x_{1,3}; x_{2,2}) \subset a_{2,3}; \\
 &(x'_{2,1}; x'_{4,1}) \subseteq (y_{1,1}); \quad (x'_{3,1}) \subset (y_{2,1}); \quad (x'_{4,2}) \subseteq (y_{3,1}); \\
 &\nabla_{7,1}(x_{1,1}; x_{1,2}; x_{1,3}) = (y_{1,1}), \quad \nabla_{7,2}(x'_{2,1}; x_{2,1}; x_{2,2}) = (y_{2,1}), \\
 &\nabla_{7,3}(x'_{3,1}; x_{3,1}; x_{3,2}) = (y_{3,1}), \quad \nabla_{7,4}(x'_{4,1}; x'_{4,2}; x_{4,1}; x_{4,2}; x_{4,3}) = (y_{4,1}), \\
 Y &= \{Y_1\}; \quad Y_1 \supseteq \{y_{1,1}; y_{2,1}; y_{3,1}; y_{4,1}\}; \quad Y_1 \cup (a_{2,1}; a_{2,2}) \subset A_2 \subset A,
 \end{aligned}$$

где $\nabla_{7,1}$ - оператор разработки лекал; $\nabla_{7,2}$ - оператор градации лекал; $\nabla_{7,3}$ - оператор выполнения раскладки лекал; $\nabla_{7,4}$ - оператор разработки технического описания. При этом: $x_{1,1}$ - чертеж модельной конструкции; $x_{1,2}$ - технологическая карта (методы обработки); $x_{1,3}$ - правила оформления лекал; $x_{2,1}$ - рекомендуемые размеры и роста; $x_{2,2}$ - схемы градации лекал; $x_{3,1}$ - паспорт куска; $x_{3,2}$ - промерочно-разбраковочная ведомость; $x_{4,1}$ - технический рисунок с описанием модели; $x_{4,2}$ - конфекционная карта; $x_{4,3}$ - нормировочная карта; $x'_{2,1} = x'_{4,1} = y_{1,1}$ - комплект лекал на базовый размеро-рост; $x'_{3,1} = y_{2,1}$ - комплект лекал проектируемые размеры и роста; $x'_{4,2} = y_{3,1}$ - раскладка лекал; $y_{4,1}$ - техническое описание на модель проектируемого изделия; Y_1 - комплект конструкторской документации.

Структурно-информационный модуль «Разработка технологической документации» формируется на основе совокупности проблемно-ориентированных моделей, представляющих собой процессы подсистемы КТПП «Разработка рабочей документации», в ходе реализации которых создается комплект технологических документов, используемых при изготовлении изделия. Схема данного модуля представлена на рисунке 2.11. Как и в предыдущем случае, в качестве входной информации проблемно-ориентированные модели, составляющие основу модуля, используют не только данные, которые извлекаются из всех разделов ОБДИ, но и информа-

цию, возникающую внутри совокупности ПОМ и являющуюся выходной по отношению к предыдущим проблемно-ориентированным моделям.

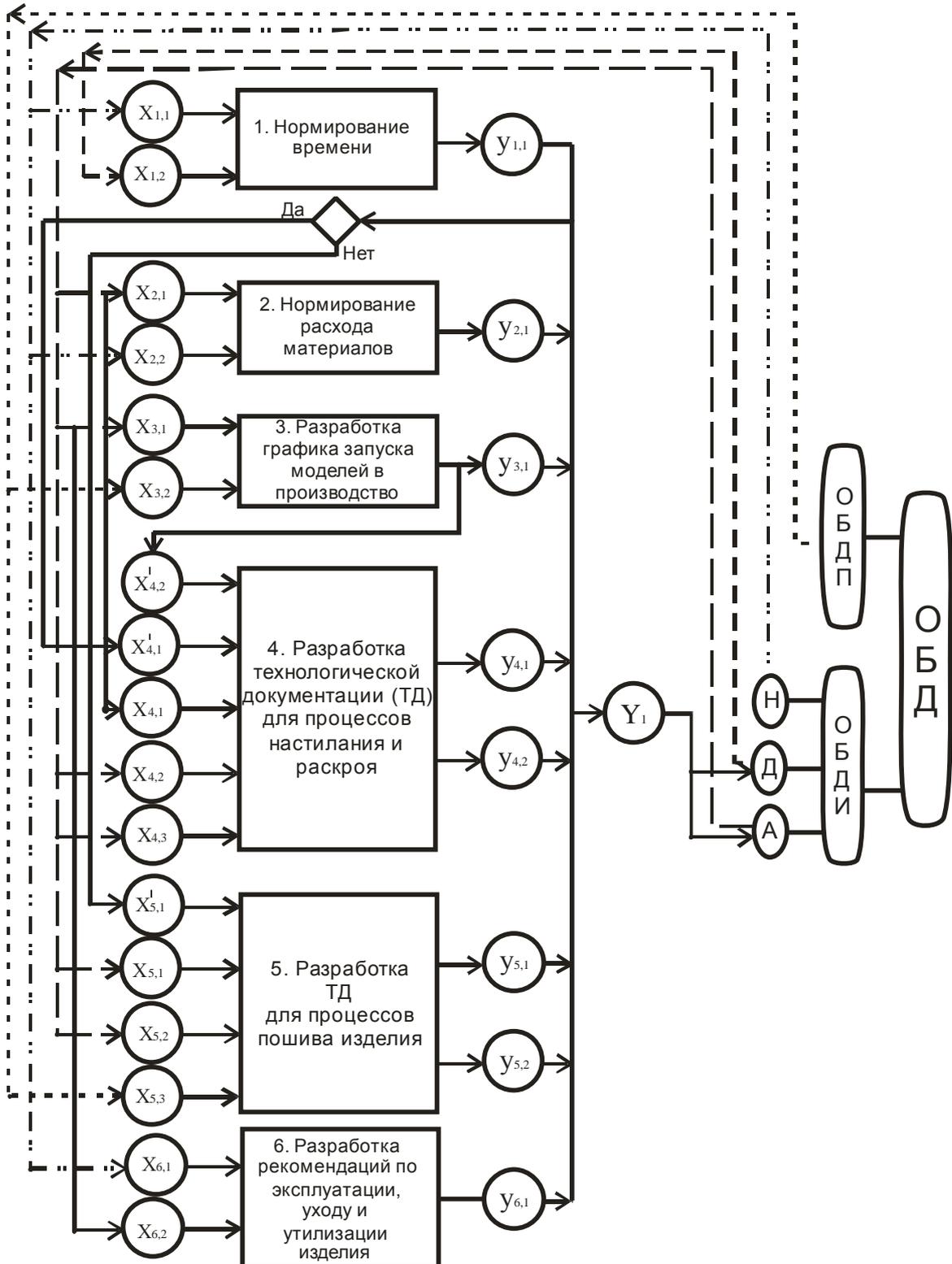


Рисунок 2.11 – Структурно-информационный модуль «Разработка технологической документации»

Использование информационного массива «Нормы времени на выполнение технологических операций при производстве изделия» в качестве входного для четвертой и пятой ПОМ происходит после решения логической задачи по условию выбора производственного этапа. Выходные информационные массивы, последовательно формируемые в ходе реализации каждой из ПОМ, представляют собой технические документы, которые входят в комплект технологической документации, являющийся информационным объектом актуального раздела ОБДИ и одновременно участвуют в формировании долговременного раздела ОБДИ «Архив готовых проектов».

В данном случае информационное взаимодействие может быть представлено следующим образом:

$$A \supseteq (A_1; A_2), \quad A_2 \supseteq \{a_{2,j}\}, j = \overline{1,3},$$

где $a_{2,1}$ – нормативно-справочный раздел ОБДИ, $a_{2,2}$ – долговременный раздел ОБДИ, $a_{2,3}$ – актуальный раздел ОБДИ.

$$X = \{x_{1,j_{1,1}}; x'_{4,1}; x'_{4,2}; x'_{5,1}\}, i = \overline{1,6}; \quad j_{1,1} = j_{1,2} = j_{1,3} = j_{1,6} = \overline{1,2}; \quad j_{1,4} = j_{1,5} = \overline{1,3};$$

$$(x_{2,1}; x_{3,1}; x_{4,1}; x_{4,2}; x_{4,3}; x_{5,1}; x_{5,2}; x_{6,2}) \subset a_{2,1}, \quad (x_{2,1}) = (x_{4,1}); \quad (x_{3,1}) = (x_{6,2})$$

$$(x_{1,2}) \subset a_{2,2}; \quad (x_{1,1}; x_{2,2}; x_{6,1}) \subset a_{2,3}; \quad (x_{3,2}; x_{5,3}) \subset A_1$$

$$\nabla(y_{1,1}) = (x'_{4,1}; x'_{5,1}); \quad (x'_{4,2}) \subseteq (y_{3,1});$$

$$\nabla_{8,1}(x_{1,1}; x_{1,2}) = (y_{1,1}), \quad \nabla_{8,2}(x_{2,1}; x_{2,2}) = (y_{2,1}), \quad \nabla_{8,3}(x_{3,1}; x_{3,2}) = (y_{3,1}),$$

$$\nabla_{8,4}(x'_{4,1}; x'_{4,2}; x_{4,1}; x_{4,2}; x_{4,3}) = (y_{4,1}; y_{4,2}), \quad \nabla_{8,5}(x'_{5,1}; x_{5,1}; x_{5,2}; x_{5,3}) = (y_{5,1}; y_{5,2}),$$

$$\nabla_{8,6}(x_{6,1}; x_{6,2}) = (y_{6,1})$$

$$Y = \{Y_1\}; Y_1 \supseteq \{y_{1,1}; y_{2,1}; y_{3,1}; y_{4,1}; y_{4,2}; y_{5,1}; y_{5,2}; y_{6,1}\}; Y_1 \cup (a_{2,1}; a_{2,2}) \subset A_2 \subset A,$$

где $\nabla_{8,1}$ - оператор нормирования времени; $\nabla_{8,2}$ - оператор нормирования расхода материалов; $\nabla_{8,3}$ - оператор разработки графика запуска моделей в производство; $\nabla_{8,4}$ - оператор разработки ТД для процессов настиления и раскроя; $\nabla_{8,5}$ - оператор разработки ТД для процессов пошива изделия; $\nabla_{8,6}$ - оператор разработки рекомендаций по эксплуатации, уходу и утилизации из-

деляя. При этом: $x_{1,1}$ – типовые нормы времени на выполнение технологических операций при производстве швейных изделий;; $x_{1,2}$ – данные хронометража; $x_{2,1} = x_{4,1}$ – раскладка лекал; $x_{2,2}$ – типовые нормы расхода материалов;; $x_{3,1} = x_{6,2}$ – конфекционная карта; $x_{3,2}$ – план выпуска продукции; $x_{4,2}$ – паспорт куска; $x_{4,3}$ – промерочно-разбраковочная ведомость; $x_{5,1}$ – технологическая карта; $x_{5,2}$ – перечень рекомендуемого технологического оборудования и спецприспособлений; $x_{5,3}$ – вид производства и мощность предприятия; $x_{6,1}$ – нормативные требования к способам ухода; $x'_{4,1}$ – нормы времени на выполнение технологических операций настилана и раскроя; $x'_{5,1}$ – нормы времени на выполнение технологических операций пошива и ВТО; $y_{1,1}$ – нормы времени на выполнение технологических операций при выполнении проектируемого изделия; $y_{2,1}$ – нормировочная карта; $x'_{4,2} = y_{3,1}$ – график запуска изделий в производство; $y_{4,1}$ – карта расчета настилов; $y_{4,2}$ – карта раскроя материалов; $y_{5,1}$ – инструкционно-технологические карты; $y_{5,2}$ – граф технологического процесса (технологическая схема разделения труда/технологическая последовательность обработки); $y_{6,1}$ – инструкция по уходу, эксплуатации и утилизации изделия; Y_1 – комплект технологической документации.

Таким образом, разработанная с учетом особенностей проектирования одежды из легкодеформируемых текстильных материалов, в том числе высокоэластичных трикотажных полотен, структурно-информационная модель конструкторско-технологической подготовки производства, позволяет разработать не только структуру общей базы данных об изделии интегрированной информационной среды, но и определить содержание ее основных информационных объектов, как интегрированных, так и единичных. Кроме того, учитывая направления движения информационных потоков, выявленные в ходе информационного моделирования, может быть разработана концепция функционирования всех процессов подготовки производства с применением принципов ИПИ (CALS)-технологий, что является необходимой составной частью поэтапного решения задачи их внедрения в швейную отрасль.

2.2 Формирование обобщенной структурно-информационной модели подготовки материалов к производству швейных изделий

Информационное моделирование позволяет решать различные задачи в зависимости от сформулированных целей исследования. На примере КТПП выше показаны возможности использования модельных методов для формирования структуры и содержания информационных объектов ОБДИ. Кроме того, разработка структурно-информационной модели системы является оптимальным способом выявления и анализа ее структуры и информационного взаимодействия элементов, что необходимо при решении задач, связанных с компьютеризацией технологических процессов. Из всех подсистем системы подготовки производства швейных изделий производственной составляющей характеризуется система ПМкПШИ. На данном этапе, исходя из потребностей формирования информационного обеспечения, требуемого для комплексной автоматизации процессов подготовки материалов к раскрою, необходимо разработать структурно-информационную модель системы ПМкПШИ.

Внедрение информационных систем, обеспечивающих в автоматизированном режиме получение, регистрацию, передачу информации и формирование нормативных и технических документов, отражающих движение материалов по организационно-технологическим переходам подготовительного производства, является одним из основных путей повышения эффективности и качества функционирования системы подготовки материалов к производству швейных изделий.

В данном случае, структурно-информационная модель системы представляет собой заданную в форме алгоритма рациональную последовательность (маршрут) выполнения процессов подготовки материалов. Данный алгоритм позволяет осуществить переход от логики деятельности специалиста-исполнителя в традиционном процессе к логике машинных процедур обработки и в совокупности с выявленными информационными потребностями служит теоретической базой для создания компьютерной технологии осу-

ществления технологических процессов системы ПМкПШИ с учетом концепции CALS.

Ручной режим выполнения операций входного контроля и формирования нормативно-технической документации, отражающей движение материалов по организационно-технологическим переходам подготовительного производства, широко практикуемый настоящее время многими швейными предприятиями, приводит к неоправданным материальным и временным потерям. Эти потери обусловлены низкой эффективностью подготовительных процессов, необоснованным дублированием информации, ошибками в документах субъективного характера и прочими подобными причинами. Кроме того, данные обстоятельства значительно ограничивают оперативность и корректность принятия управленческих решений при обеспечении размерного качества швейных изделий.

Исследования общей структуры системы ПМкПШИ и анализа информационного обеспечения каждого из процессов, осуществляемых в рамках системы, уже частично решены в работе [85]. Учитывая результаты данных исследований и принимая во внимание структуру информационных массивов, формируемых в ходе выполнения технологических процессов ПМкПШИ, разработанную в п. 2.1.1, может быть определен перечень технических документов (ТД) данной системы, который включает в себя следующие ТД: паспорт куска материала (ПКМ), промерочно-разбраковочная ведомость (ПРВ), карта учета движения материалов на складе сырья (КУДМ), претензионные акты, а именно акт на излишки и недостачу материала (АКТ-1) и акт на качество (АКТ-2), и теснейшим образом информационно связанный с ними комплект технологических документов, необходимых для формирования настилов и раскроя материалов, а именно график запуска моделей в производство (ГЗМП), карта расчета настилов (КРН) и карта раскроя материалов (КРМ).

При ручном способе формирования нормативных и технических документов системы подготовки материалов возникает разрыв информационного

пространства, а его стыковка через пользователя ЭВМ несет в себе полный перечень присущих этому способу недостатков, обусловленных причинами как объективного, так и субъективного характера. В связи с этим решение задач оперативного управления подготовительным производством на основе принципов ИПИ-технологий без обеспечения возможностей непрерывного автоматизированного получения и обмена информацией между организационно-технологическими переходами через ОБД в условиях современного предприятия представляется малоэффективным.

В автоматизированном режиме обработки данных о поступившей партии материалов при их подготовке к раскрою информация должна формироваться и непрерывно трансформироваться по каналам связи компьютерно-технических средств (КТС) без ручного ее ввода. Использование микропроцессорной техники в составе КТС позволяет достаточно эффективно решать вопросы сбора, обработки, передачи результатов измерения и формирования соответствующих информационных объектов общей базы данных, а при необходимости и печати требуемых технических документов на бумажных носителях.

На рисунке 2.12 представлена разработанная обобщенная структурно-информационная модель системы ПМкПШИ, отражающая алгоритм передачи, трансформации информации и формирования основных технических документов как внутрипроизводственного характера, так и предназначенных для представления сторонним организациям. Данная структурно-информационная модель, согласно рис. 2.12, включает в себя четыре информационных блока (ИБ): блок входных документов на материал, блок документов входного контроля, внутрипроизводственный блок входных документов и блок документов для формирования настилов и раскроя материалов.

Информационный блок «Входные документы на материал» содержит четыре информационных объекта (ИО), в качестве которых выступают следующие технические документы: ярлыки рулонов материалов, счет на оплату

приобретаемых материалов, спецификация накладной на приобретаемые материалы, накладная на перевозку грузов.

В информационном блоке «Блок документов входного контроля материалов» формируется пять информационных объектов, к которым относятся: паспорт куска, промерочно-разбраковочная ведомость, карта учета движения материалов на складе сырья, акт на излишки и недостачу материала и акт на качество.

Информационный блок «Внутрипроизводственный блок входных документов» включает в себя интегрированный информационный объект «Внутрипроизводственные документы». К внутрипроизводственным документам могут быть отнесены, например, планы выпуска продукции на год, квартал и на месяц, т.е. результаты календарного планирования, а также иные документы, необходимые для разработки ГЗМП и иных технических документов системы ПМкПШИ.

В информационном блоке «Блок документов для формирования настилов и раскроя материалов» происходит формирование следующих информационных объектов: график запуска моделей в производство, карта расчета настилов, карта раскроя материалов.

Согласно разработанной структурно-информационной модели (рис. 2.1), формирование ИО «Паспорт куска материала», происходит в информационно-производственном блоке 7. При этом в качестве входной используется три вида информации: исходная (X_1), технологическая (X_5) и оперативно-управленческая (X_9).

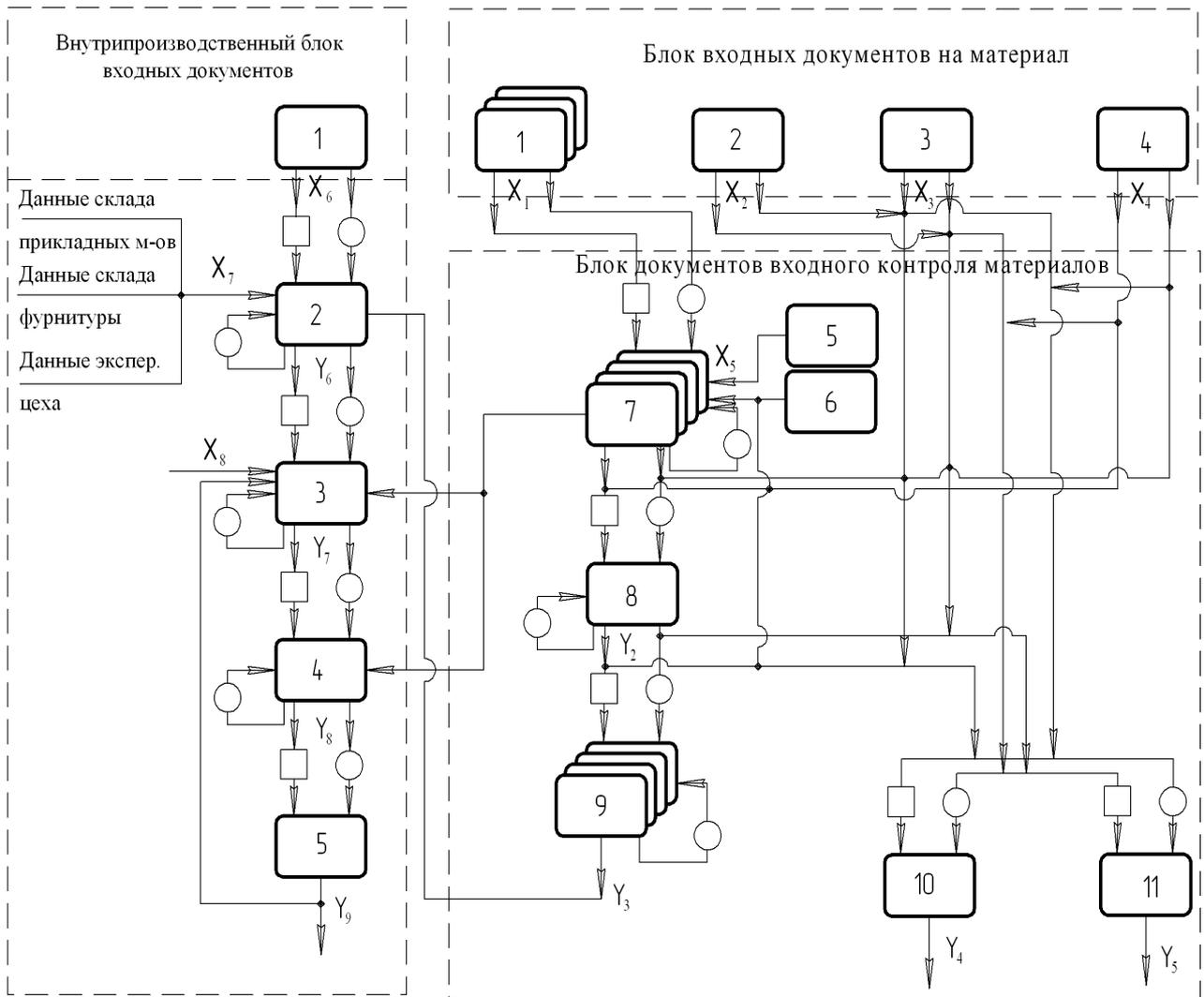
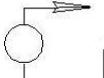


Рисунок 2.12 – Обобщённая структурно-информационная модель системы ПМкПШИ. При этом:

- 
 - канал передачи неизменяемой части информации при формировании документов

- 
 - канал передачи преобразуемой части информации при формировании документов

- 
 - преобразование информации внутреннего характера

К исходной информации (X_1) относятся данные ярлыка: артикул, номер рисунка и/или цвета, ярлычная длина (мера) куска в пог. м., ширина с кромкой, сортность, которые частично формируют информационное обеспечение ИО ОБДИ «Каталог материалов предприятия». При этом необходимо учесть, что данный ИО должен содержать необходимые признаки ее фильтрации и поиска по запросу отдельных ее массивов. Следует иметь в виду, что к достаточным признакам поиска ПКМ в общей БД, как отмечалось в работе [143], относится исходная информация, такая как номер «Спецификации накладной» и/или «Счета». Ввод исходной информации в память процессора может осуществляться оператором в диалоговом режиме, а ее дальнейшая передача должна быть обеспечена через ОБДИ, что позволяет избежать ее искажения.

К технологической (X_5) относится информация, формирующаяся в информационно-производственном блоке 5 «Промер и разбраковка материалов»: текущие значения длины (L_i) и ширины (H_i) материала, наименования обнаруженных пороков, их линейные размеры, координаты и поправки координат, длины порочных и безпорочных отрезков. Данная информация может заноситься в память процессора двумя путями: оператором в диалоговом режиме или непосредственно в автоматизированном режиме передаваться от измерительной системы. Во втором случае, технологический процесс промера и разбраковки материалов должен быть оснащен техническими средствами, конструктивно и функционально способными к включению в локальную или единую информационную (компьютерную) сеть предприятия и обеспечивающими при этом требуемую точность считывания информации.

Оперативно-управленческая информация (X_9) формируется в информационно-управляющем блоке 6 и определяет действия исполнителей по выполнению распоряжений лиц, принимающих решения (ЛПР), в том числе порядок присвоения номера ПКМ, необходимые корректировки в оценку качества материала и др.

К выходной информации ИО «Паспорт куска материала» относится некоторое подмножество исходных данных, а также измененные и вычисленные параметры. К последним относятся в частности: фактическая сортность материала, длина (мера) куска, определяемая последним текущим значением его линейной координаты, числовой массив длин отрезков (L_i), числовой массив ширин (H_i), на основании обработки которого определяется фактическая ширина, наименования пороков, их линейные размеры и ряд поисковых признаков для фильтрации группировок формируемых массивов в ОБДМ. Фактическая сортность в общем случае определяется расчетным методом в соответствии с методикой, предусмотренной соответствующим НД (чаще всего, ГОСТ), и с учетом оперативно-управленческой информации от лиц с правом принятия того или иного решения. Выходная информация данного информационного объекта Y_1 передается на следующий ИО «Промерочно-разбраковочная ведомость» и используется им как входная информация.

Информационный объект «Промерочно-разбраковочная ведомость», основное назначение которого сводится к констатации соответствия количества и качества материала в каждой поступившей партии его фактическим показателям, формируется на основе условно-переменной информации Y_1 , включенной в ПКМ, с учетом условно-постоянных данных «Ярлыков» (X_1), «Счета» (X_2), «Спецификации накладной» (X_3). Формирование данного ИО осуществляется в последовательно-параллельном режиме. Связующим звеном для установления степени соответствия исходных данных фактически полученным являются признаки ПКМ. На основании признаков поиска информации при формировании ПРВ обрабатываются только те ПКМ, которые объединены одной «Спецификацией накладной». При выборе режима формирования и передачи информации (выбор автоматизированного или диалогового режима) следует учитывать необходимость проведения корректирующих действий на основании решений ЛПР (X_9), что предусмотрено структурно-информационной моделью.

Информационные объекты «Акт на излишки и недостачу материала» и «Акт на качество», отражают сведения о фактическом количестве и качестве поступившего материала и несоответствии указанных параметров в сопроводительных документах поставщика результатам входного контроля. На основании данных технических документов в материально бухгалтерии предприятия-потребителя оформляются финансовые отношения с поставщиками сырья, т.е., по сути, претензионные акты являются юридическими документами. В связи с этим, с одной стороны, технические и аппаратные средства для контроля необходимых параметров сырья, сбора, обработки и передачи информации должны обладать необходимым быстродействием, а с другой стороны, на параметры, вносимые в претензионные акты, не должны влиять субъективные факторы.

Информационной основой для автоматизированного формирования названных ИО, т.е. входной информацией для них, являются данные «Счета» (X_2), «Спецификации накладной» (X_3), «Накладной на перевозку грузов» (X_4) и промерочно-разбраковочной ведомости (Y_2), а также признаки выбора ПРВ, к которым относятся номер «Спецификации накладной» и артикулы материалов. Выходной в данном случае является информация о соответствии (или несоответствии) данных входных документов на материал результатам входного контроля Y_4 и Y_5 , которая предоставляется поставщику и служит основанием для окончательного расчета с ним.

Информационный объект «Карта учета движения материалов на складе сырья», предназначен для отслеживания информации о приходе-расходе материалов и связан с решением задач управления запасами сырья. В качестве входной информации данный ИО использует следующее: данные «Спецификации накладной» (X_3), данные ПРВ Y_2 , а также текущие данные о расходе сырья на выполнение производственной программы и для других целей (X_9), поступающие из информационно-управляющего блока 6. Выходная информация (Y_3) поступает в «Блок документов для формирования настилов и раскроя материалов» и является входной для его информационных объектов.

Необходимо отметить, что технические документы, формируемые в «Блоке документов для формирования настилов и раскроя материалов», относятся, прежде всего, к технологической документации. Однако их тесная информационная зависимость и взаимосвязь с информационными объектами системы подготовки материалов к раскрою требует включения данного ИБ в обобщенную структурно-информационную модель ПМкПШИ. Такой подход к решению задач информационного моделирования отвечает общей концепции и принципам ИПИ-технологий.

Главным условием для своевременного и рационального составления регламента запуска изделий в производство и возможностей внесения поправок в выходной документ при динамичном изменении производственной ситуации, как отмечается в работе [85], является достаточность и оперативность поступления исходной информации. Кроме информационного массива (Y_3) в качестве входной для ИО «График запуска моделей в производства» используются следующие информационные массивы: «Данные внутрипроизводственных входных документов» X_6 и «Данные склада прикладных материалов, склада фурнитуры и экспериментального цеха» X_7 . При этом основными внутрипроизводственными документами, данные которых используются при формировании ГЗМП, являются «Планы производства на год, квартал и месяц». Следует иметь в виду, что при решении задачи по разработке данного информационного объекта, требуется дополнительная информация, включающая в себя различные нормативные справки и результаты раскроя, являющаяся вспомогательной и используемой для проверки обеспечения месячной программы сырьевыми ресурсами, ее корректировки и учета существующих ограничений при распределении очередности партий ежедневного запуска моделей в производство в течение месяца. Учитывая тот факт, что часть входной информации является трудно формализуемой, при автоматизации процесса формирования ГЗМП необходимо предусмотреть возможность корректировки данных в диалоговом режиме с учетом изменяющихся во времени приоритетов. Выходные данные на этом этапе представляют со-

бой информационный массив Y_6 , который является входным по отношению к следующему информационному объекту «Карта расчета настилов».

Для функционирования вышеназванного ИО требуется дополнительно следующая входная информация: данные паспортов рулонов материалов, подлежащих расчету, Y_1 , а также данные задания производственно-диспетчерского отдела на раскрой и нормы длин раскладок X_8 . Формируемый на выходе информационный массив Y_7 поступает на ИО «Карта раскроя материалов», который является заключительной стадией подготовки задания на раскрой материалов Y_8 и последующей комплексной оценки его фактического выполнения. Как установлено ранее [85], помимо КРН базовую информационную основу разработки карты раскроя материалов составляет дополнительно справочная таблица учета концевых остатков (на схеме не показана). Сформированная в результате выполнения логико-математических действий исполнителей в раскройном цехе карта раскроя материалов представляет собой выходной документ Y_8 , на основании которого производится раскрой материалов, сведения о результатах которого Y_9 в обязательном порядке передается в качестве обратной связи на ИО «Карта расчета настилов», что требуется для принятия необходимых корректирующих действий.

При этом схема информационных взаимосвязей между подсистемами и информационными объектами системы ПМкПШИ при формировании ее технических документов может быть отображена и записана посредством аппарата дискретной математики следующим образом:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= \{x_{1,i}\}, i = \overline{1, m_1}; & X_2 &= \{x_{2,i}\}, i = \overline{1, m_2}; & X_3 &= \{x_{3,i}\}, i = \overline{1, m_3}; \\
 X_4 &= \{x_{4,i}\}, i = \overline{1, m_4}; & \text{и т.д.} & X_5 &= \{x_{5,i}\}, i = \overline{1, v}; & X_6 &= \{x_{6,i}\}, i = \overline{1, z}; \\
 X_7 &= \{x_{7,i}\}, i = \overline{1, m_7}; & \text{и т.д.} & X_8 &= \{x_{8,i}\}, i = \overline{1, l}; & X_9 &= \{x_{9,i}\}, i = \overline{1, p}; \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 Y_1 = \bigcup_{i=1}^4 y_{1,i} \\
 y_{1,1} \subset X_1; y_{1,2} \subset X_5; y_{1,3} = f(y_{1,2}); y_{1,4} \subseteq A \\
 Y_1 = (y_{1,1} \subset X_1) \cup (y_{1,2} \subset X_5) \cup [y_{1,3} = f(y_{1,2})] \cup y_{1,4} \subseteq A
 \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{cases}
y_{2,1} \subset X_1; y_{2,2} \subset Y_1; y_{2,3} \subseteq A; y_{2,4} \subset X_2; \\
y_{2,5} \subset X_3; y_{2,6} = f(Y_1, X_2); \\
Y_2 = \bigcup_{i=1}^6 y_{2,i}; \\
Y_3 = \bigcup_{i=1}^4 y_{3,i}; \\
y_{3,1} \subset Y_2; y_{3,2} \subset X_3; y_{3,3} \subseteq A; y_{3,4} = f(Y_2, y_{3i}) \\
Y_4 = \bigcup_{i=1}^6 y_{4,i}; Y_5 = \bigcup_{i=1}^6 y_{5,i}; \\
y_{4,1} \subset Y_2; y_{4,2} \subset X_2; y_{4,3} \subset X_3; y_{4,4} \subset X_4; y_{4,5} \subseteq A; y_{4,6} = f(y_{4,i}); \\
y_{5,1} \subset Y_2; y_{5,2} \subset X_2; y_{5,3} \subset X_3; y_{5,4} \subset X_1; y_{5,5} \subseteq A; y_{5,6} = f(y_{5,i}) \\
Y_6 = \bigcup_{i=1}^3 y_{6,i}; \\
y_{6,1} \subset X_7; y_{6,2} \subset Y_3; y_{6,3} = f(y_{6,i}) \\
Y_7 = \bigcup_{i=1}^5 y_{7,i}; \\
y_{7,1} \subset Y_1; y_{7,2} \subset Y_6; y_{7,3} \subset Y_9; y_{7,4} \subset X_8; y_{7,5} = f(y_{7,i}) \\
Y_8 = \bigcup_{i=1}^4 y_{8,i}; \\
y_{8,1} \subset Y_7; y_{8,2} \subset X_7; y_{8,3} \subset X_9; y_{8,4} = f(y_{8,i})
\end{cases}$$

где Y_1 - ПКМ (паспорт куска материалов); Y_2 -ПВ (промерочно-разбраковочная ведомость); Y_3 -КУДМ (карта учёта движения материалов на складе сырья); Y_4, Y_5 -ПА (претензионные акты); Y_6 -ГЗМП на месяц (график запуска моделей в производстве на месяц); Y_7 -КРН (карта расчета настилов); Y_8 -КРМ (карта раскроя материалов).

Таким образом, разработанные структурно-информационная и математическая модели отражают информационное взаимодействие всех ИО, используемых или формируемых в ходе выполнения технологических операций системы ПМкПШИ. Они могут служить основой для разработки компьютерной технологии формирования документов полготовки материалов к раскрою в производстве швейных изделий, в том числе и из ЛДТМ. Кроме того, на их основе может быть сформулирован ряд требований к технологи-

ческому оборудованию, выполнение которых позволит реализовать на практике данную технологию. К таким требованиям относятся, прежде всего, точность и автоматизированный режим измерения количественных и качественных параметров материалов, а также автоматизация процесса регистрации, преобразования и передачи информации. Удовлетворение данных требований позволяет свести к минимуму и даже полностью исключить влияние субъективных факторов на точность воспроизведения необходимой информации в виде технических документов, отражающих движение материалов по организационно-технологическим переходам подготовительного производства, что, в свою очередь, будет способствовать повышению размерного качества готовых изделий.

2.3 Моделирование деформационно-релаксационных процессов текстильных материалов легкодеформируемой структуры в процессах производства одежды

Для исследования процесса и определения качественной картины релаксации напряжения при постоянной деформации материала достаточно успешно могут быть использованы методы моделирования на базе построения механических аналогов, дающих представление о деформационно-релаксационных свойствах легкодеформируемых одежных материалов [96-101].

Придание изделию проектной формоустойчивой конфигурации в цикле: окончательная ВТО - период реализации изделия в торговой сети - нормативная эксплуатационная продолжительность, а также устранение складкообразований на поверхности деталей конструкции изделия, возможно, когда при фиксированных значениях составляющих деформации создаваемое напряжение практически полностью релаксирует [100].

Для технического обеспечения заданной деформации деталей края швейных изделий, находящихся в свободном ненапряжённом состоянии, необходимо знать режимы и продолжительность действия рабочих органов,

что зависит от вида материала, его структуры, условий формования и действия внешних факторов (температуры, влаги и т.д.).

Вследствие нелинейности поведения текстильных материалов для их исследования в условиях фиксированной деформации в работе рассматривается возможность использования механического аналога в виде модели Кельвина-Фойхта-Лидермана, где в качестве упругого элемента предложен элемент негуковской пружины (рис. 2.13). Деформация негуковской пружины (ε_{np}) в этом случае моделируется, как

$$\varepsilon_{np} = \frac{\sigma}{E_1} (1 + \alpha \sigma),$$

где σ - напряжение; E_1 - условный модуль упругости; α - коэффициент нелинейности.

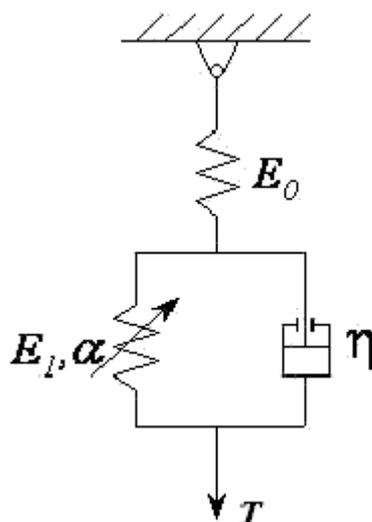


Рисунок 2.13 – Трёхпараметрическая модель Кельвина-Фойхта-Лидермана

Однако вследствие той же нелинейности модельное исследование поведения материалов вызывает значительные и неоправданные для поиска решения сложности. Исходя из практического опыта и уровня общих допускаемых погрешностей при проектировании НДС легкодеформируемых текстильных материалов, можно с определённым допущением принять, что

$\alpha = 0$, $\varepsilon_{np} = \frac{\sigma}{E_1}$ и перейти к рассмотрению обобщённого упруговязкого тела

в виде трёхпараметрической механической модели, описывающей процесс релаксации напряжения при постоянной деформации без учёта нелинейности, а также действия температуры, влаги и т.д. Обозначим модули упругости гуковских элементов H_0 и H_1 через E_0 и E_1 , а коэффициент вязкости гидравлического демпфера (элемент Ньютона) - через η , $\left[\frac{Hc}{M^2} \right]$ (см. рис. 2.13).

Тогда напряжения в этих элементах будут соответственно равны:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_0^H &= E_0 \cdot \varepsilon_0^H; \\ \sigma_1^H &= E_1 \cdot \varepsilon_1^H; \\ \sigma^N &= \eta \cdot \dot{\varepsilon}^\chi. \end{aligned} \right\}. \quad (2.1)$$

Реологические уравнения системы (2.1) будут иметь следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= \sigma_0^H = \sigma_1^H + \sigma^\chi; \\ \varepsilon &= \varepsilon_0^H + \varepsilon_1^H; \\ \varepsilon_1^H &= \varepsilon^\chi. \end{aligned} \right\}, \quad (2.2)$$

где верхние индексы H и χ относятся соответственно к условному элементу Гука и вязкому элементу - демпферу.

Подставив в (2.2) систему уравнений (2.1) и опуская для простоты записи верхние индексы H , получим следующие соотношения:

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= E_0 \cdot \varepsilon_0 = E_1 \cdot \varepsilon_1 + \eta \dot{\varepsilon}^\chi; \\ \dot{\varepsilon}^\chi &= \dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0; \\ E_0 \cdot \varepsilon_0 &= E_1 \cdot \varepsilon_1 + \eta(\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0); \\ E_0 \cdot \varepsilon_0 &= E_1(\varepsilon - \varepsilon_0) + \eta(\dot{\varepsilon} - \dot{\varepsilon}_0); \\ (E_0 + E_1) \cdot \varepsilon_0 + \eta \cdot \dot{\varepsilon}_0 &= E_1 \cdot \varepsilon + \eta \cdot \dot{\varepsilon}. \end{aligned} \right\}. \quad (2.3)$$

Так как $\varepsilon_0 = \frac{\sigma}{E_0}$; $\dot{\varepsilon}_0 = \frac{\dot{\sigma}}{E_0}$, то из последнего уравнения системы (2.3)

получим:

$$\frac{E_0 + E_1}{E_0} \sigma + \frac{\eta}{E_0} \dot{\sigma} = E_1 \varepsilon + \eta \dot{\varepsilon} \quad (2.4)$$

Разделив члены уравнения (2.4) на $\frac{E_0 + E_1}{E_0}$ и введя обозначения

$$E_\infty = \frac{E_0 E_1}{E_0 + E_1}, \quad T_R = \frac{\eta}{E_0 + E_1}, \quad (2.5)$$

получим

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = E_\infty \varepsilon + E_0 T_R \dot{\varepsilon}. \quad (2.6)$$

При постоянстве деформации $\varepsilon = const$ ($\varepsilon = \varepsilon_0$) из уравнения (2.6)

имеем:

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = E_\infty \varepsilon_0 \quad (2.7)$$

Перейдём методом Бернулли [102] от дифференциального уравнения (2.7) к соответствующему интегральному уравнению

$$\sigma(t) = u(t)v(t) \quad (2.8)$$

Тогда

$$\dot{\sigma} = \dot{u}v + v\dot{u}. \quad (2.9)$$

Проведя дальнейшие преобразования и принимая во внимание требования $T_R \dot{u} + u = 0$, (полное аналитическое исследование этого уравнения приведено в работе [117]) окончательное решение будет иметь вид:

$$\sigma(t) = \sigma_\infty + \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}}, \quad (2.10)$$

где $\sigma(t)$ - напряжение материала в момент времени t ; σ_∞ , σ_0 , T_R - константы, характеризующие реологические свойства материала.

Полученное уравнение релаксации напряжения при постоянной деформации, рассматриваемое в области вязкоупругих значений, соответствует

уравнению Кольрауша-Слонимского[99] и может быть использовано для компьютерного моделирования кинетики процесса легкодеформируемых материалов.

Однако анализ уравнения (2.10) также показывает, что при $t \rightarrow \infty$ в материале могут сохраняться остаточные напряжения (σ_∞), что может характеризоваться появлением некоторого значения пластической составляющей деформации, присутствующей наряду с вязкоупругим деформированием и как бы «вплетённой» в неё.

Обеспечение нулевого значения остаточного напряжения ($\sigma_\infty = 0$) возможно при дальнейшей обработке текстильного материала легкодеформируемой структуры под воздействием внешних факторов, например, действием паровоздушной среды.

Следуя тому, что прогнозирование поведения текстильных материалов, представляющих собой ориентированные полимеры, затруднено из-за нелинейности их внутренних свойств, релаксационный процесс в общем случае следует представлять как нелинейный объект, аналогом которого может быть механическая модель Максвелла с введением в неё негуковского элемента Лидермана (рис. 2.14).

Используя негуковскую пружину в механической модели Максвелла, получим уравнение:

$$\dot{\varepsilon} = \frac{1}{E} (1 + 2\alpha\sigma)\dot{\sigma} + \frac{\sigma}{\eta}, \quad (2.11)$$

решение, которого в случае релаксации напряжения имеет вид:

$$\sigma(t)e^{2\alpha(\sigma-\sigma_0)} = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}}. \quad (2.12)$$

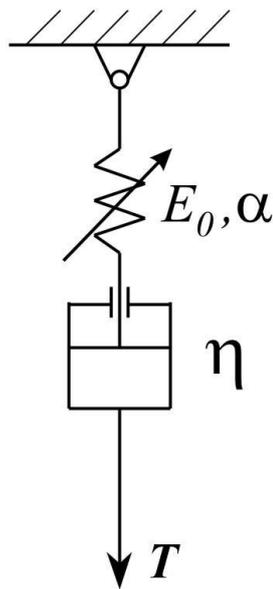


Рисунок 2.14 - Двухпараметрическая модель Максвелла-Лидермана

Уравнение (2.12) относительно σ аналитически решить нельзя. Однако, если допустить, что исследования проводятся в ограниченном диапазоне деформаций, когда $\alpha \approx 0$, т.е. считать, что с некоторым приближением обеспечивается линейность поведения рассматриваемых материалов, то уравнение (2.11) можно записать в виде

$$\dot{\epsilon} = \frac{\dot{\sigma}}{E_0} + \frac{\sigma}{\eta}. \quad (2.13)$$

Отсюда дифференциальное уравнение упруговязкого тела Максвелла будет иметь вид:

$$T_R \dot{\sigma} + \sigma = \eta \cdot \dot{\epsilon}, \quad (2.14)$$

Используя тот же подход, что при исследовании трёхпараметрической модели, перейдём от дифференциального (2.14) к эквивалентному интегральному уравнению.

С учётом (2.14) запишем

$$T_R (\dot{u}v + \dot{v}u) + uv = \eta \dot{\epsilon}. \quad (2.15)$$

Согласно предшествующим рассуждениям уравнение (2.14) с учётом общего решения уравнения $T_R \dot{u} + u = 0$ примет вид:

$$T_R e^{-\frac{t}{T_R}} \dot{\nu} = \eta \dot{\varepsilon} \quad . \quad (2.16)$$

Решая полученное уравнение, относительно $\dot{\nu}$ и проведя необходимый перечень преобразований [117], получим окончательное решение в виде

$$\sigma(t) = \sigma_0 e^{-\frac{t}{T_R}} \quad (2.17)$$

Сложность теоретического расчёта кинетики релаксации напряжения при постоянной деформации ($\varepsilon = const$) для моделей (2.10 и 2.17) характеризуется сложностью определения параметров $E_\infty = f(E_0, E_1)$, $T_R = f(\eta, E_0, E_1)$, E_1 и η , что потребовало поиска и разработки экспериментальных методов исследования кинетических характеристик легкодеформируемых текстильных материалов.

Из выражений (2.17 и 2.5) следует, что для выполнения практических расчётов необходимо знать постоянную времени процесса (T_R) релаксации напряжения (σ) или усилия (T) при фиксированной деформации. В теоретическом рассмотрении решение этой задачи представляет собой значительную сложность, так как отсутствуют аналитические соотношения, связывающие кинетические характеристики релаксационных переходов с факторами внешнего воздействия.

В главе 3 (см. п. 3. 2) рассматриваются разработанные прибор, методика и приводятся результаты экспериментальных исследований кинетики релаксации усилия в материале $T = f(t)_{\varepsilon=const}$.

Данные экспериментальных исследований (рис. 2.15) подтверждают непрерывность и плавность характера функции $T(t)$, что позволяет с достаточной для практики эффективностью решать технологические задачи и использовать теоретико-экспериментальный подход к построению математической модели релаксации напряжения ($\sigma = f(t)_{\varepsilon=const}$) или усилия $T = f(t)_{\varepsilon=const}$ в материале.

Рассматривая решение уравнения механической модели Максвелла-

Лидермана (2.24) при допущении $\alpha = 0$ и используя полученные экспериментальные данные для конкретного вида материала (например, пальтово-костюмное трикотажное полотно типа «Лоден», сырьевой состав: шерсть 70%, ПА 20%, ПЭ 10%) с последующим расчётом, T_R (см. рис. 2.15), как функции параметров паровоздушной среды, экспериментально-теоретическая модель будет иметь вид

$$T(t) = T_0 \cdot e^{-\frac{t}{T_R}}, \quad (2.18)$$

где T_0 - начальное усилие

$$T_R = 4490 \cdot \Theta^{-1.5}, \quad (2.19)$$

где $\Theta \in [80, 180^\circ\text{C}]$ - температура паровоздушной среды.

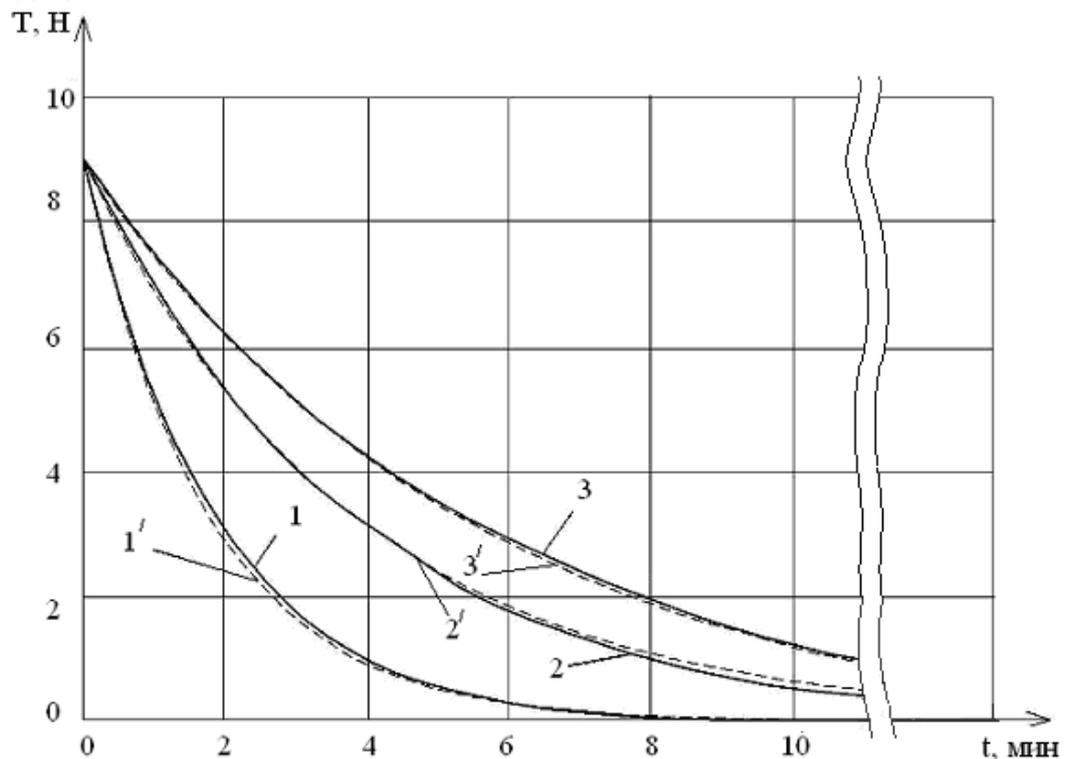


Рисунок 2.15 - Кинетика процесса релаксации усилия при $\varepsilon = \text{const}$:
1', 2' и 3' — экспериментальные кривые; 1, 2, и 3 — аппроксимирующие кривые

В технологическом отношении выбор T_R зависит для конкретного вида материала от параметров внешнего воздействия и, в частности, от парамет-

ров паровоздушной среды. Согласно рисунку 2.16 следует, что зависимость $T_R = f(\Theta^0 C)$ имеет нелинейный характер и с учётом воздействия паровоздушной среды в исследуемом диапазоне температур на упомянутый выше материал колеблется от 1,5 до 4,5 мин.

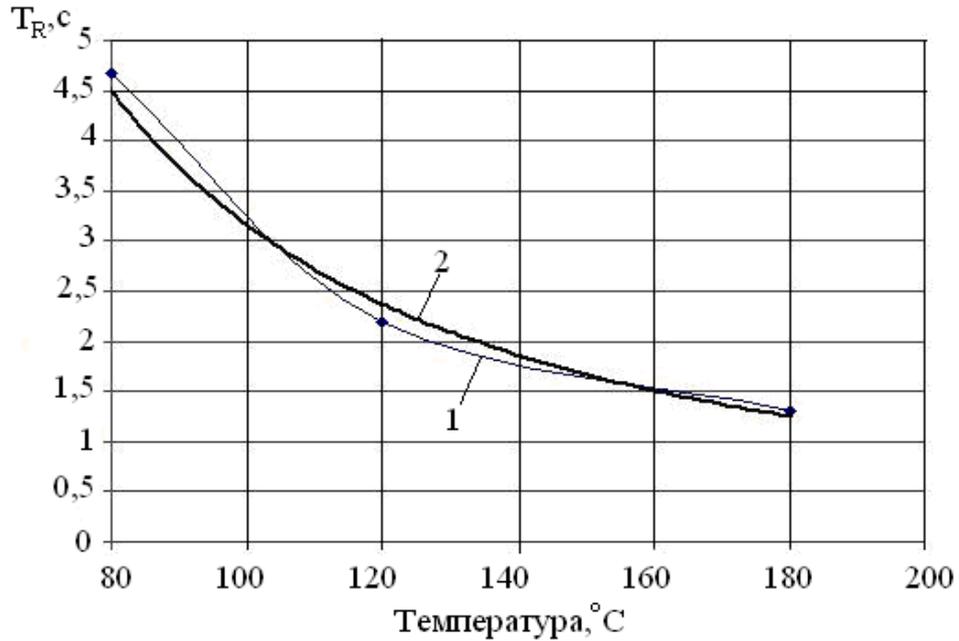


Рисунок 2.16 – Зависимость $T_R = f(\Theta^0 C)$: 1 – экспериментальная зависимость; 2 – расчётная зависимость.

Таким образом, построенная экспериментально-теоретическая модель для конкретных видов материала и технологических режимов позволяет использовать компьютерные технологии для исследования и проектирования кинетики релаксации усилия при фиксированной деформации при выполнении различных технологических процессов, в том числе процессов ВТО, в производстве швейных изделий.

Анализ полученных зависимостей релаксации напряжения (2.17) и экспериментально-теоретической модели релаксации усилия (2.18) при постоянной деформации, в рассматриваемой в области вязкоупругих значений, показывает, что при $t \rightarrow \infty$ в материале не должно быть остаточных напряжений, т.е. $\sigma_\infty \rightarrow 0$ (или усилий $P \rightarrow 0$). Тем самым можно утверждать, что механическая модель Максвелла-Лидермана рассматривает как бы идеальные

условия деформирования и релаксации напряжения в области вязкоупругих значений, что с некоторым приближением в общем случае может быть принято в качестве расчётной модели кинетики процесса релаксации напряжения (усилия) при фиксированной деформации. Однако, как это будет показано далее (см.гл.3), экспериментальные данные по исследованию релаксации напряжения при постоянной деформации при рассмотрении в ограниченный промежуток времени свидетельствуют о том, что в большей степени им соответствует 3-х параметрическая модель, описываемая уравнением Кольрауша-Слонимского.

ВЫВОДЫ

1. Учитывая приоритетность задачи информационного моделирования, на основе принципов системного подхода выполнена формализация процесса проектирования одежды из текстильных материалов легко деформируемой структуры. С использованием математического аппарата теории систем описаны целевые функции системы проектирования в целом и ее основных операций. При этом показана необходимость построения информационной модели КТПП.

2. Для последующего построения структурно-информационной модели КТПП разработан алгоритм формирования информационных массивов в подсистемах ЖЦ швейных изделий.

3. На основе результатов системных исследований ЖЦ изделий из ЛДТМ и алгоритма формирования информационных массивов в его подсистемах разработана структурно-информационная модель конструкторско-технологической подготовки производства одежды, представляющая собой совокупность восьми модулей, в основу которых положены подсистемы и процессы КТПП. Выявленные в ходе построения и анализа структурно-информационной модели информационно-логические взаимосвязи между процессами КТПП и разделами ОБДИ позволяют в последующем детально разработать структуру и содержание информационных объектов общей базы данных об изделии и сформировать концепцию функционирования процес-

сов подготовки производства с применением принципов ИПИ-технологий.

4. Разработаны обобщенная структурно-информационная и математическая модели системы подготовки материалов к раскрою в производстве швейных изделий, которые, с одной стороны, могут служить основой для разработки компьютерной технологии формирования документов ПМкПШИ, а с другой стороны, позволяют сформулировать ряд требований к технологическому оборудованию, выполнение которых позволит реализовать на практике данную технологию. К таким требованиям относятся, прежде всего, точность и автоматизированный режим получения, регистрации, преобразования и передачи информации, что позволяет в конечном итоге повысить размерное качество готовых изделий за счет снижения влияния субъективных факторов на точность воспроизведения данных в виде технических документов, отражающих движение материалов по организационно-технологическим переходам подготовительного производства.

5. Установлено, что существующие методы моделирования, основанные на создании механических аналогов, достаточно успешно могут быть использованы для исследования деформационно-релаксационных процессов и определения качественной картины релаксации напряжения при фиксированной деформации. При этом показано, что, хотя и в качестве расчётной модели кинетики процесса релаксации напряжения (усилия) при фиксированной деформации в общем случае и при определенных допущениях может быть принята механическая модель Максвелла-Лидермана, экспериментальным данным по исследованию релаксационных процессов при постоянной деформации при рассмотрении в ограниченный промежуток времени в большей степени соответствует 3-х параметрическая модель, описываемая уравнением Кольрауша-Слонимского.