

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Учреждение образования
«Витебский государственный технологический университет»

Д. К. Панкевич
Н. Н. Бодяло

САПР технологических процессов

Конспект лекций

для студентов специальности 1-50 01 02
«Конструирование и технология швейных изделий»
заочной формы обучения на базе среднего специального образования

Витебск
2018

УДК 687.022
ББК 37.24
П 16

Рецензенты:

начальник технического отдела Открытого акционерного общества «Знамя индустриализации», г. Витебск, Грачева Н.В.;

кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология изделий из кожи» УО «ВГТУ» Борисова Т.М.

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
УО «ВГТУ», протокол № 7 от 28.09.2018.

Панкевич, Д. К.

П 16 САПР технологических процессов : конспект лекций / Д. К. Панкевич, Н. Н. Бодяло. – Витебск : УО «ВГТУ», 2018. – 53 с.

ISBN 978-985-481-572-5

Конспект лекций является руководством для организации работы студентов заочной формы обучения на базе среднего специального образования специальности 1-50 01 02 «Конструирование и технология швейных изделий».

УДК 687.022
ББК 37.2

ISBN 978-985-481-572-5

© УО «ВГТУ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ЛИЦАХ И ДАТАХ | 5 |
| 2 ВИДЫ САПР И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ | 7 |
| 2.1 Понятие САПР | 7 |
| 2.2 САПР для конструкторской подготовки производства | 10 |
| 2.3 САПР для технологической подготовки производства | 11 |
| 2.4 Интегрирующие САПР | 13 |
| 2.5 САПР для технико-экономического обоснования производства | 13 |
| 3 БАЗЫ ДАННЫХ КАК ОСНОВА САПР | 15 |
| 3.1 Основные определения | 15 |
| 3.2 Информационные модели и соответствующие им типы БД | 16 |
| 3.3 Информационные связи в моделях баз данных | 17 |
| 3.4 База данных технолога швейного производства | 18 |
| 4 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГО- ТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА | 22 |
| 4.1 Принципы работы САПР раскладок лекал | 23 |
| 4.2 Автоматизация проектирования технологической последовательности изготовления изделия | 27 |
| 4.3 Автоматизация проектирования и анализа технологических схем швейных потоков | 33 |
| 4.4 Комплексная автоматизация технологической подготовки производства в современных САПР швейных изделий | 35 |
| 5 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ САПР ШВЕЙНОЙ ОТРАСЛИ | 38 |
| 5.1 Интеграция подсистем САПР в единое информационное пространство | 39 |
| 5.2 Создание экспертных систем | 43 |
| 6 ПРОБЛЕМА ВЫБОРА САПР ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ШВЕЙНОГО ПРЕД- ПРИЯТИЯ | 44 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 51 |

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность работы предприятий швейной отрасли в современных условиях определяется наличием высококачественных технических и программных средств, позволяющих обеспечить гибкость технологических процессов, автоматизировать работу и взаимодействие производственных подразделений. Прежде всего – это системы автоматизированного проектирования (САПР или CAD) и современное технологическое оборудование на основе электронно-вычислительной техники. Ввиду того, что современное швейное производство не зависимо от форм собственности и объемов производства ориентировано на использование информационных технологий, изучение данного курса является актуальным.

Однако как бы ни были тщательно продуманы и технологически реализованы программные средства, многое будет зависеть от специалистов на местах. Создание и функционирование действующего швейного производства, интегрированного на базе компьютерной техники, требует специалистов, умеющих работать с типовым набором подсистем швейной САПР. Поэтому целью данного курса является подготовка в учреждениях образования специалистов, компетентных в этой области.

В настоящее время специалисту швейной промышленности, будь то конструктор или технолог, весьма сложно найти высокооплачиваемую работу без навыков работы в системах автоматизированного проектирования. Для того чтобы будущие специалисты швейного производства были востребованы на рынке труда, способны к интеграции полученных в процессе обучения знаний и умений, им просто необходимо уметь ориентироваться в основных теоретических вопросах использования информационных технологий в легкой промышленности. Это является задачей данного курса, решение которой имеет практическое применение в будущей профессиональной деятельности современных студентов учреждений образования легкой промышленности.

1 АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ЛИЦАХ И ДАТАХ

Системы автоматизированного проектирования обязаны своим существованием программированию и программистам. История программирования, как ни странно, начинается с легкой промышленности! Пробразом первой программы стали громоздкие *жестяные перфорированные пластины*, используемые как первый носитель информации в ткацком станке Жозефа Жаккара. Именно это изобретение, сделанное **Базилем Бушоном** в 1728 году, усовершенствованное **Жаном Батистом Фальконом** и запатентованное **Жозефом Жаккаром** в 1805 году, стало точкой отсчета в победном шествии автоматизации по нивам мировой промышленности, которое продолжается до сих пор.

Говоря о программистах, нельзя не вспомнить о тех незаурядных личностях, благодаря которым сегодня идея автоматизированного проектирования воплощена в реальность. Первым программистом считается **Ада Лавлейс** – дочь всемирно известного английского поэта-романтика Джорджа Байрона, домохозяйка. Занимаясь переводом статьи итальянского инженера на английский язык, она, будучи талантливым математиком, написала три первые в мире программы для вычислительной машины Чарльза Беббиджа. Интересно, что программы были записаны в комментариях к переводу, как пример использования вычислительной машины. В своих комментариях графиня Лавлейс впервые сформулировала основные понятия, до сих пор используемые во всех языках программирования. Первый единый язык программирования для встроенных систем, созданный в 1979 году Министерством обороны США, был назван «АДА» в честь этой женщины. День программиста отмечают 10 декабря – в день рождения Ады Лавлейс [1].

Ещё одна незаурядная личность – **Алан Мэтисон Тьюринг**. Им было разработано понятие абстрактной цифровой вычислительной машины, получившей впоследствии название *машины Тьюринга*, способной имитировать (при наличии соответствующей программы) любую машину, действие которой заключается в переходе от одного дискретного состояния к другому.

Разработанные в 1947 году Тьюрингом «Сокращенные кодовые инструкции» (Abbreviated Code Instructions) положили начало созданию, исследованию и практическому использованию *языков программирования*. Тьюринг считается основоположником не только вычислительной техники, но также и *искусственного интеллекта* [2].

Джозеф Гербер, выходец из Австрии, перевернул представления о качестве производства самолетов и автомобилей, был пионером автоматизации печатного дела, родоначальником идеи американской системы штрихового кодирования. Выдающийся изобретатель, воплотивший в жизнь свыше 600 полезных инновационных разработок, начавший свою карьеру в студенческие годы и заработавший свой первоначальный капитал благодаря масштабируемой логарифмической линейке, Джозеф обратил внимание на швейное производство.

Благодаря этому нетривиально мыслящему смелому инженеру (специалисту в области авиационной техники!) сегодня тысячи швейных предприятий по всему миру имеют возможность получения качественного и точного кроя без нанесения контуров лекал на верхнее полотно настила материалов. Гербер придумал и запустил в производство первую раскройную машину, основал компанию «Gerber Garment Technology», которая и сегодня является флагманом на рынке систем автоматизированного проектирования для швейной промышленности, оборот компании исчисляется миллиардами долларов.

По легенде, первое изобретение, принесшее Герберу славу и деньги, он придумал, выполняя рутинные вычисления при написании курсовой работы. Дело было ночью и смекалистый студент не нашел ничего под рукой, кроме резинки от пижамных брюк, с помощью которой он и усовершенствовал популярную в то время логарифмическую линейку. Вот так иногда почти комично начинаются нешуточные бизнес-проекты.

Американка **Грейс Хоппер** была выдающимся программистом и настолько незаменимым сотрудником Министерства обороны США, что смогла уйти в отставку лишь в возрасте 79 лет, а консультировать продолжала до самой смерти в 85 лет. Грейс была одной из первых, кто писал программы для гарвардского компьютера Марк I.

Она разработала первый компилятор для компьютерного языка программирования, развила концепцию машинно-независимых языков программирования, что привело к созданию **COBOL** – одного из первых высокоуровневых языков программирования [3].

Труд этих самоотверженных первопроходцев на самом деле изменил мир. Первая в мире система автоматизированного проектирования выросла из программы INTERACT, которая была написана **Майком Риддлом** для одной строительной компании. Все мы знаем название программного продукта, который стал невероятно популярным и не утратил лидерские позиции по сей день – это система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией «Autodesk». Со времени выхода первой версии AutoCAD прошло почти 35 лет. Сегодняшний AutoCAD мало чем похож на своего прародителя INTERACT. Тем не менее, большинство оригинальных команд INTERACT все еще работают в AutoCAD 2018. В январе 1992 года «Autodesk» окончательно выкупила у Майка Риддла права на AutoCAD за \$11 875 000 (изначально Риддл просил \$15 000, но компания не согласилась, опасаясь, что переплатит). Впоследствии Риддл принимал участие в разработке CAD-систем EasyCAD и FastCAD, которые были также революционны для своего времени [4].

В швейной промышленности системы автоматизированного проектирования используются относительно недавно. Появившиеся в 70-х годах прошлого столетия, САПР одежды поначалу представляли технологии проектирования раскладок лекал и градации лекал.

Спустя тридцать лет это были уже полноценные комплексные системы, включающие модули художественного проектирования, конструирования, управления технологическими процессами.

Сегодня САПР одежды уже работают с трехмерным изображением, обеспечивая возможность виртуального дефиле модели после проектирования, сделаны первые шаги в области трехмерной печати бесшовной одежды.

Русскоязычные версии САПР одежды разрабатывались ведущими научно-исследовательскими организациями России и Украины. Большой вклад в развитие этих систем внесли специалисты Елена Баторовна Булатова, Галина Ивановна Сурикова, Виталий Владимирович Светиков, Виталий Григорьевич Ещенко, Александр Георгиевич Басуев, Николай Николаевич Раздомахин, Евгений Яковлевич Сурженко и многие другие.

Заканчивая этот небольшой экскурс в историю развития систем автоматизированного проектирования, и отдавая дань уважения смелости и трудолюбию талантливых ученых и изобретателей, хочется процитировать контр-адмирала флота США, выдающегося программиста, целеустремленную женщину Грейс Хоппер: «Идите и делайте; вы всегда успеете оправдаться позже». Помните о том, что совершенствование начинается с идеи, а первыми в сложнейших областях знаний были ткачи и домохозяйки, что находчивому инженеру достаточно простой резинки от пижамных брюк, чтобы начать свой путь в науке.

2 ВИДЫ САПР И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

2.1 Понятие САПР

Понятие, состав и структура систем автоматизированного проектирования отражены в ГОСТ 23501.101-87 «Системы автоматизированного проектирования. Основные положения» [5].

Проектирование технического объекта – это создание, преобразование и представление в принятой форме образа ещё не существующего технического объекта.

Как любой процесс, проектирование выполняется в несколько **этапов**:

1. Разработка технического предложения (техническое задание);
2. Реализация технического предложения в виде проектной документации (набора документов, содержащих достаточные сведения для изготовления объекта в заданных условиях).

Каждый из упомянутых этапов важен, однако системы автоматизированного проектирования задействованы в основном на втором этапе, поскольку создание проектной документации является наиболее трудоемким, многоступенчатым процессом, который, тем не менее, хорошо поддается алгоритмизации. Итак, САПР – система, реализующая автоматизированное проектирование. Более четкое понятие САПР дает ГОСТ 22487-77 «Проектирование автоматизированное. Термины и определения»:

САПР – комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющий автоматизированное проектирование [6].

Чтобы лучше представить себе, как действует система автоматизированного проектирования, созданная человеком, вспомним одну притчу: «Программист, ложась спать, ставит на прикроватную тумбочку 2 стакана. В один стакан он наливает воду, а другой оставляет пустым. Объясняет он свои действия так: стакан с водой мне нужен, если я проснусь и захочу пить. Пустой стакан стоит на тот случай, если я не захочу пить».

Ниже представлены основные понятия, без которых невозможны дальнейшие объяснения, поэтому к ним нужно относиться со всей серьезностью, примерно так, как программист из притчи о стаканах относится к своим желаниям.

Система – множество элементов, находящихся в отношениях и связях между собой.

Элемент – такая часть системы, представление о которой нецелесообразно подвергать при проектировании дальнейшему членению.

Структура – упорядоченность элементов и их взаимосвязей.

Подсистема – часть системы, имеющая свойства системы.

Параметр – величина, выражающая свойство системы или её части, или свойство влияющей на систему среды.

Параметры бывают:

внешние – выражают свойство среды;

внутренние – выражают свойство элементов системы;

выходные – выражают свойство самой системы.

Система автоматизированного проектирования представляет собой совокупность различных видов обеспечения, взаимодействующих между собой.

Виды обеспечения САПР:

- техническое (различные аппаратные средства, например, компьютер);
- математическое (математические методы, модели, алгоритмы выполнения проектирования);
- программное (компьютерные программы);
- информационное (базы данных и системы управления ими);
- лингвистическое (языки программирования и обмена данными между техническими средствами);
- методическое (различные методики проектирования);
- организационное (штатное расписание, должностные инструкции и другие документы, регламентирующие деятельность проектной организации).

Не бывает действующей системы автоматизированного проектирования, в которой отсутствует хотя бы один вид обеспечения – только при наличии полного комплекта САПР будет выполняться поставленные задачи.

По масштабности решаемой задачи различают САПР и ПМК (программно-методический комплекс).

Различные по назначению и решаемым задачам САПР в своей основе содержат ту или иную базовую подсистему (ядро). В зависимости от *базовой подсистемы* САПР делят на следующие **виды**:

– САПР на базе подсистемы машинной графики и геометрического моделирования (**ориентированы на конструирование и построены на базе графических ядер**). Эти системы используют, например, конструкторы одежды;

– САПР на основе **систем управления базами данных (СУБД)**, которые ориентированы на приложения, в которых сравнительно несложные математические расчеты и преобразования проводятся с большими объемами данных. Характерны для применения технологами швейного производства;

– САПР на базе **конкретного прикладного пакета** (фактически – автономно используемые ПМК, либо имитационные модели технологических процессов). Такие системы используют, например, расчетчики кусков на швейных предприятиях при проектировании норм расхода материалов;

– САПР **комплексные** – интегрированные САПР, состоящие из подсистем предыдущих видов. Именно комплексные САПР сегодня завоевывают рынок IT-продуктов для промышленных предприятий. В них во всей полноте проявляются преимущества автоматизированного проектирования, угадывается внутренняя красота идей информационного общества и ключевой из них – коммуникации. Созданные как автономные продукты, САПР на базе различных подсистем начинают «учиться общаться», обмениваться данными и взаимодействовать. При наличии подготовленных специалистов, комплексные САПР с завораживающей скоростью осуществляют проектирование изделий и процессов высокого качества.

Современное состояние рынка IT-продуктов требует от специалистов отрасли знания общепринятых в сфере САПР понятий и сокращений. На сегодняшний день английские названия и аббревиатуры различных классов компьютерных программ, входящих в состав САПР, стали общеупотребительными. Поэтому первоначально стоит ознакомиться с базовыми понятиями, которые рассматриваются в лекции. Для удобства чтения в квадратных скобках представлена фонетическая транскрипция произношения аббревиатуры.

CAD (Computer Aided Design) [си-эй-ди] – программы компьютерного проектирования изделий (конструкторской подготовки производства).

CAE (Computer Aided Engineering) [си-эй-и] – программы инженерного анализа и расчетов изделий (конструкторской подготовки производства).

CAM (Computer Aided Manufacturing) [си-эй-эм] – программы компьютерной поддержки изготовления изделий (технологической подготовки производства).

CAPP (Computer Aided Process Planning) [си-эй-дабл пи] – программы планирования технологии производства (технологической подготовки).

PDM (Product Data Management) [пи-ди-эм] – программы управления проектами и техническим документооборотом при автоматизированном проектировании (интегрирующие, связующие программы).

ERP (Enterprise Resource Planning) [и-ар-пи] – программы планирования и управления ресурсами предприятия (организационно-плановой подготовки).

PLM (Product Lifecycle Management) [пи-эл-эм] – программы управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла.

Классификация программных продуктов для промышленных предприятий значительно шире, но в данной лекции приводятся только те классы программ, которые нашли применение на предприятиях легкой промышленности.

Промышленная продукция характеризуется *жизненным циклом*, содержащим несколько этапов. К ним относятся этапы маркетинговых исследований, конструкторской подготовки производства (КПП), технологической подготовки производства (ТПП), собственно производства, послепродажного обслуживания и эксплуатации продукции, утилизации. На всех этапах жизненного цикла имеются свои целевые установки. При этом участники жизненного цикла стремятся достичь поставленных целей с максимальной эффективностью. На этапах проектирования, ТПП и производства нужно обеспечить выполнение требований, предъявляемых к производимому продукту, при заданной степени надежности изделия и минимизации материальных и временных затрат, что необходимо для достижения успеха в конкурентной борьбе в условиях рыночной экономики. Понятие эффективности охватывает не только снижение себестоимости продукции и сокращение сроков проектирования и производства, но и обеспечение удобства освоения и снижения затрат на будущую эксплуатацию изделий [7]. В зависимости от этапа жизненного цикла промышленной продукции САПР делятся на виды:

- САПР для конструкторской подготовки производства (КПП);
- САПР для технологической подготовки производства (ТПП);
- интегрирующие САПР (охватывают либо этапы КПП и ТПП, либо целиком весь жизненный цикл продукции);
- САПР для технико-экономического обоснования производства (охватывают сразу несколько этапов жизненного цикла – от маркетинговых исследований до производства продукции).

В современном производстве все чаще предпочтение отдается не разрозненным компьютерным программам, а программам, интегрированным между собой. Это позволяет сохранять ассоциативные связи между документами по всей цепочке подготовки производства и исключить таким образом «случайное» несоответствие в документации. Поэтому специализированные системы автоматизированного проектирования часто содержат в себе элементы каждого упомянутого вида, являясь комплексными.

2.2 САПР для конструкторской подготовки производства

Назначение данного вида САПР – *проектирование новой продукции и модернизация ранее производившейся.*

Конструкторскую подготовку производства осуществляет отдел главного конструктора. Автоматизация конструкторской подготовки производства начинается с использования **CAD-программ**. При разработке и согласовании конструкторской документации конструкторы часто используют специальные инженерные расчеты. Для автоматизированного выполнения инженерных расчетов используются **CAE-программы**. Программы CAE получают и используют информацию, созданную в программе CAD. Они помогают проанализировать проектное решение с точки зрения его поведения в моделируемых условиях эксплуатации. При помощи CAE инженер может оценить работоспособность изделия, не прибегая к значительным временным и денежным затратам. Рабочая документация, созданная при помощи этих двух программ, и является проектом.

Создание модели изделия в программах **CAD** осуществляется при помощи специальных **инструментов**: панелей пиктограмм, строки команд, меню. Осуществляется поддержка следующих **форматов**: STEP, DXF, IGES, STL, DWG, XT/XB, GRB. Если работа конструктора с CAD программой заканчивается, то информация сохраняется в «родном» для нее формате. Например, в программе «AutoCAD» это формат DWG, в программе «T-Flex CAD» – GRB. При работе с моделью в программе CAD можно подключить программу CAE и произвести для данной модели инженерные расчеты. Информацию из программы CAD можно передать в программу PDM, а из нее – в любую программу интегрированной системы.

Примеры действующих программ класса CAD. В качестве программ CAD используются как специализированные трехмерные редакторы типа «T-Flex CAD3D», «3D MAX», «Maya», так и универсальные «AutoCAD», «Компас-3D», «Solid Works», «Pro Engineer».

Конструкторская подготовка производства осуществляется в соответствии с комплексом государственных стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД). После утверждения рабочего проекта начинается развернутая технологическая подготовка производства и в работу включается система автоматизированной технологической подготовки производства.

2.3 САПР для технологической подготовки производства

Назначение САПР для технологической подготовки производства – *проектирование технологических процессов, то есть определение технических методов и средств выполнения проекта, способа организации производства, прогнозирование себестоимости изделия и эффективности производства.*

Технологическую подготовку производства осуществляет отдел главного технолога. Автоматизация технологической подготовки производства начинается с использования **САРР-программ**, позволяющих разрабатывать маршрутную и операционную технологии. Технологическая подготовка производства предусматривает выполнение раскладки лекал, разработку технологической последовательности, технологической схемы потока, изготовление и наладку специального технологического оборудования, технологической оснастки, необходимых для производства нового (модернизированного) изделия. Программы класса САРР позволяют выполнять следующие виды работ:

1) ведение баз данных (накопление данных о технологических процессах для проектирования новых процессов);

2) автоматическое формирование полного комплекта технологической документации (маршрутных листов, маршрутно-операционных карт, операционных карт, карт контроля, ведомостей оснастки, материалов и комплектующих);

3) автоматизированное заполнение документов произвольных форм в формате MS Word, а также автоматизированное формирование текстов технологических последовательностей и технологических схем;

4) автоматическое получение и использование данных об изменениях в конструкции детали из программ САД (т. е. из электронных чертежей или трёхмерных моделей);

5) автоматизированное проектирование организационно-технологических схем.

Передача данных между подразделениями или предприятиями может осуществляться как по локальным сетям, так и через Internet. После САРР-программ дальнейшая технологическая подготовка производства при необходимости и возможности ведется в **САМ-программах**, которые позволяют проектировать обработку на швейных полуавтоматах, настольных комплексах, раскройных установках (разрабатывать управляющие программы для них) и проверять управляющие программы компьютерной имитацией обработки с помощью **САЕ-программы**.

Технологическая подготовка производства осуществляется в соответствии с комплексом государственных стандартов Единой системы технологической документации (ЕСТД) и Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП).

Чтобы лучше представить себе, как работают системы типа САД/САРР/САМ/САЕ, обратимся к примеру. При автоматизированном проектировании модели одежды конструирование и моделирование, проектирование раскладки лекал производится с помощью САД-программы; виртуальная примерка на движущемся манекене реализуется в САЕ-программе, которая помогает визуализировать «поведение» конструкции, выполненной из конкретного материала; с помощью САРР-программы по данным, полученным из САД, проектируют последовательность и технологическую схему обработки, выполняют безостатковый расчет кусков, а САМ-программа управляет раскройной уста-

новкой, получающей контуры раскладки лекал из САД-программы. При наличии интегрирующей системы, все подсистемы функционируют в едином информационном пространстве, что исключает потерю или искажение данных при передаче информации от программы к программе.

2.4 Интегрирующие САПР

Назначение интегрирующих САПР – *связь между конструкторскими и технологическими программами при автоматизированной подготовке производства.*

Специальные интегрирующие **PDM-программы** являются основным связующим компонентом комплексной системы конструкторско-технологической подготовки производства. **PDM (Product Data Management)** – это программы управления проектами и техническим документооборотом. Программы PDM осуществляют информационную поддержку жизненного цикла изделий, технологической подготовки производства, создание технологической и нормативно-сметной документации.

Входные данные для систем управления предприятиями – трудовые и материальные нормативы. Для их расчета в программах PDM реализованы методы укрупненного табличного и точного аналитического расчетов, а также возможность их сочетания. Программа позволяет пользователю ввести любые таблицы с данными, расчетные формулы и правила их взаимодействия. При этом участия программистов не требуется.

Работа с информацией в PDM. Программы PDM получают информацию (данные) из САД, САЕ, САПР, САМ-программ и распределяют ее по необходимости между этими программами. Системы PDM либо входят в состав модулей конкретной САПР, либо имеют самостоятельное значение и могут работать совместно с разными САПР [7].

Управление данными в едином информационном пространстве на протяжении всех этапов жизненного цикла изделий возлагается на систему **PLM (Product Lifecycle Management)**. Под PLM понимают систему автоматизированного управления информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла. Характерная особенность PLM — возможность поддержки взаимодействия различных автоматизированных систем многих предприятий, т.е. технологии PLM являются основой, интегрирующей информационное пространство, в котором функционируют автоматизированные системы многих предприятий, включая поставщиков сырья, проектные и торгующие организации.

2.5 САПР для технико-экономического обоснования производства

После разработки технологической документации начинается технико-экономическое обоснование проекта. Назначение САПР для технико-

экономического обоснования производства – *автоматизация расчетов экономических показателей и управление ими.*

Разработанный конструкторами и технологами проект должен быть экономически эффективным. **ERP (Enterprise Resource Planning)** – программы планирования и управления ресурсами предприятия.

Возможности программ ERP:

– *автоматизация технического нормирования операций технологических процессов*, т.е. автоматизированный расчет нормы штучного и нормы подготовительно-заключительного времени операций и их суммы.

– *автоматизация расчета себестоимости изделий*, т.е. автоматизированный расчет цеховой, производственной и полной себестоимости продукции.

– *автоматизация расчета экономического эффекта*, т.е. автоматизированный расчет разности приведенных затрат сравниваемых вариантов проектов.

– *автоматизация расчета технико-экономического обоснования проекта*, т.е. автоматизированный расчет комплекса технико-экономических показателей проекта.

– *автоматизация расчета бизнес-плана инвестиционного проекта*, т.е. автоматизированное формирование финансовых (бухгалтерских) отчетов и расчет на их основе комплекса финансовых показателей проекта.

Работа с информацией в ERP. Вся конструкторская и технологическая подготовка производства на этом этапе выражается в денежном эквиваленте. В программу ERP вводят данные по **внеоборотным и оборотным активам**, по затратам на персонал, по накладным расходам и налогам, по затратам на сырье и комплектующие, по ценам и объемам продаж.

Введенная информация формирует ***экономическую модель работы предприятия*** по разработанной технологии на определенный период времени. В результате расчетов по сформированной экономической модели предприятия генерируются финансовые формы (прибыли-убытки, баланс, движение денежных потоков, отчет об использовании прибыли и др.), по которым определяются экономические показатели. Расчет нескольких альтернативных вариантов использования разработанной технологии позволяет выбрать вариант, который обеспечивает предприятию большую выгоду.

Заложенное в системе стремление к единому информационному пространству и согласованное использование данных на всех этапах подготовки производства и этапах производственного цикла сокращает затраты и предупреждает большинство возможных ошибок. Ассоциативность данных поддерживается не только в рамках одной программы. Информация, введенная в одной программе, становится доступной и в других программах системы. Например, при изменении чертежа детали в САД-программе, готовые технологические документы на ее изготовление могут быть автоматически откорректированы программой САРР. Управлением ассоциативностью данных технических документов занимается ***программа PDM***, доступ в которую возможен из всех программ системы.

Таким образом, в основе универсальных систем лежит тесная интеграция CAD, CAE, CAPP, CAM, PDM и ERP-программ в единое целое, что позволяет разрабатывать современные конкурентоспособные изделия и процессы их изготовления.

3 БАЗЫ ДАННЫХ КАК ОСНОВА САПР

3.1 Основные определения

База данных (БД) – это совокупность взаимосвязанных данных, организованных на внешних носителях информации средствами системы управления базой данных (СУБД) и используемых одним или несколькими приложениями. База данных организуется в соответствии со структурами данных, которые поддерживаются СУБД. В базе данных обеспечивается интеграция логически связанных *общих данных*, которые хранятся в ней с минимальной избыточностью и запоминаются так, чтобы они не зависели от использующих их программ.

Система управления базами данных (СУБД) – это комплекс, представляющий собой систему программных и языковых средств, предназначенных для создания и ведения баз данных, а также для доступа к данным и их обработки.

Данные – это сведения о фактах, явлениях, событиях, процессах или предметах реального мира.

Ведение баз данных – это поддержание данных в базе в актуальном состоянии, а именно: добавление данных, их изменение и удаление.

Под *управлением данными* понимается задание и коррекция структуры (схемы) БД и манипулирование данными.

Описание структуры и содержания БД называется *схемой*, а язык схемы – *языком описания данных*. Проектирование баз данных проводится поэтапно.

Этапы проектирования базы данных:

– концептуальное проектирование базы данных – это анализ информационных потребностей будущих пользователей БД, изучение особенностей предметной области, выявление элементов базы и связей между элементами;

– логическое проектирование базы данных – это выбор системы управления базой данных и представление данных в такой форме (конкретные таблицы, записи данных в таблицах), которая позволяла бы правильно интерпретировать данные и выполнять с ними определенные операции;

– физическое проектирование базы данных – это непосредственное программирование, создание удобного пользовательского интерфейса, обеспечение возможности физического использования базы [8].

На каждом из этих этапов разрабатывается соответствующая *модель БД: концептуальная, логическая и физическая*. Физическая модель базы данных создается программистами и доступна пользователю. Логическая модель строится

специалистами-информатиками в строгом соответствии с требованиями стандартов проектирования баз данных определенного типа с использованием специфической терминологии, обозначений и схем. Концептуальная модель базы данных описывается в произвольной форме специалистами той отрасли, где предполагается использовать базу данных.

3.2 Информационные модели и соответствующие им типы БД

По способу построения логических связей между типами данных БД, как и информационные модели, бывают иерархические, сетевые и реляционные (табличные).

1) **Иерархические** базы данных графически могут быть представлены как перевернутое дерево, состоящее из объектов различных уровней. Верхний уровень (корень дерева) занимает один объект, второй – объекты второго уровня и так далее. Между объектами существуют связи, каждый объект может включать в себя несколько объектов более низкого уровня. Такие объекты находятся в отношении *предка* (объект, более близкий к корню) к *потомку* (объект более низкого уровня), при этом объект-предок может не иметь потомков или иметь их несколько, тогда как объект-потомок обязательно имеет только одного предка. Объекты, имеющие общего предка, называются *близнецами*.

Иерархической базой данных является *Каталог папок Windows*, с которым можно работать, запустив Проводник. Верхний уровень занимает папка *Рабочий стол*. На втором уровне находятся папки *Мой компьютер*, *Мои документы*, *Сетевое окружение* и *Корзина*, которые являются потомками папки *Рабочий стол*, а между собой являются близнецами. В свою очередь, папка *Мой компьютер* является предком по отношению к папкам третьего уровня – папкам дисков (Диск 3,5(A:), (C:), (D:), (E:), (F:)).

2) **Сетевые** базы данных являются обобщением иерархической за счет допущения объектов, имеющих более одного предка. Вообще, на связи между объектами в сетевых моделях не накладывается никаких ограничений.

Сетевой базой данных фактически является Всемирная паутина глобальной компьютерной сети Интернет. Гиперссылки связывают между собой сотни миллионов документов в единую распределенную сетевую базу данных.

3) **Реляционные или табличные** базы данных содержат перечень объектов одного типа, то есть объектов, имеющих одинаковый набор свойств. Такую базу данных удобно представлять в виде двумерной таблицы: в каждой ее строке последовательно размещаются значения свойств одного из объектов; каждое значение свойства – в своем столбце, озаглавленном именем свойства.

Столбцы такой таблицы называют полями; каждое поле характеризуется своим именем (именем соответствующего свойства) и типом данных, представляющих значения данного свойства.

Поле базы данных – это столбец таблицы, содержащий значения определенного свойства. Строки таблицы являются *записями* об объекте; эти записи разбиты на поля столбцами таблицы, поэтому каждая запись представляет собой набор значений, содержащихся в полях.

Запись базы данных – это строка таблицы, содержащая набор значений свойств, размещенный в полях базы данных. Каждая таблица должна содержать, по крайней мере, одно ключевое поле, содержимое которого уникально для каждой записи в этой таблице.

Ключевое поле позволяет однозначно идентифицировать каждую запись в таблице.

Реляционные базы данных на сегодняшний день являются наиболее развитыми, часто встречающимися базами. Модель базы данных немыслима без закрепления связей между данными. Информационные связи необходимы для успешного ведения баз данных и удобства пользования данными базы.

3.3 Информационные связи в моделях баз данных

Связи между двумя объектами (элементами данных) могут быть четырех типов.

1) Связь “Один-к-одному”.

Такая связь означает, что в каждый момент времени каждому значению элемента данных *A* соответствует **одно и только одно** значение связанного с ним элемента данных *B* и наоборот. Например, каждому значению элемента данных *номер месяца* соответствует только одно значение элемента данных *название месяца* и наоборот (разумеется, только для одного национального языка). Графически такую связь обозначают одинарными стрелками, соединяющими обозначения элементов данных. В тексте такую связь обозначают **1:1**. На рисунке 3.1 представлены различные связи между элементами базы данных студентов университета.

2) Связь “Один-ко-многим”. Этот тип связи означает, что в каждый момент времени каждому значению элемента данных *A* соответствует ноль, одно или несколько значений связанного с ним элемента данных *B*, а каждому значению элемента данных *B* соответствует только одно значение элемента данных *A*. Например, для базы, схема которой представлена на рисунке 3.1, одному значению элемента данных «*номер учебной группы*» соответствует *несколько* (*много*) значений элемента данных «*номер шифра студента*», а каждому номеру шифра студента соответствует только *один* номер учебной группы. Графически связь “Один-ко-многим” обозначается одинарной стрелкой со стороны “один” и двойной – со стороны “много”. В тексте такую связь обозначают **1:M**.

3) Связь “Многие к одному”. Очевидно, что этот тип связи идентичен типу “Один-ко-многим”, но взгляд на связь осуществляется со стороны “много”.

4) Связь “Многие-ко-многим”. Такая связь означает, что в каждый момент времени каждому значению элемента данных *A* соответствует несколько

значений связанного с ним элемента данных B , а каждому значению элемента данных B соответствует несколько значений элемента данных A [8]. В тексте такую связь обозначают $M:N$. На рисунке 3.1 самостоятельно найдите и проанализируйте эту связь.

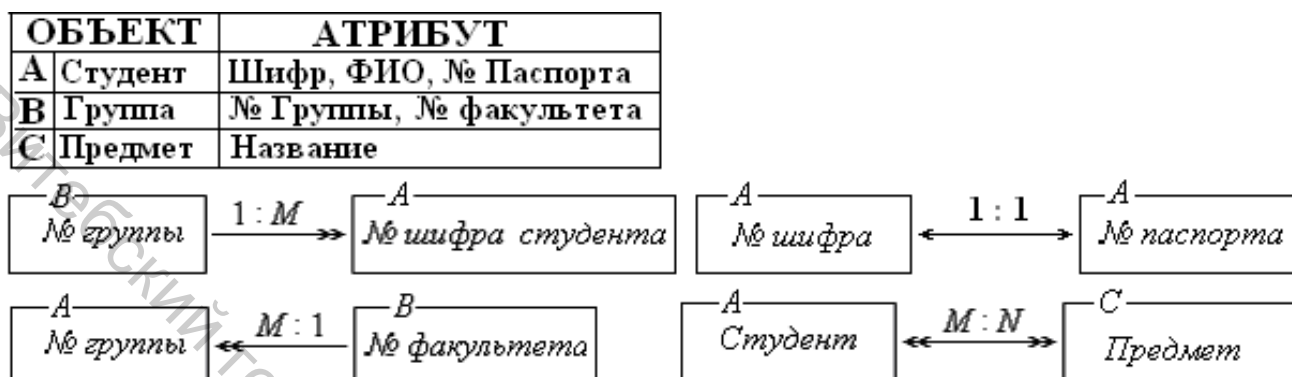


Рисунок 3.1 – Пример связей между элементами модели базы данных студентов

3.4 База данных технолога швейного производства

Принципы проектирования баз данных, изложенные выше, применяются при создании САПР на базе СУБД, к которым относится САПР технологии обработки швейных изделий. Рассмотрим на примере, как создаются такие базы и каким образом происходит автоматизированное проектирование последовательности обработки швейного изделия с использованием данных базы.

Концептуальная модель БД технолога

Моделью технологического процесса изготовления швейного изделия (ТПШИ) является граф ТПШИ. Граф ТПШИ показывает структуру процесса изготовления изделия, которая преобразуется впоследствии в структуру швейного потока – граф организационно-технологических связей (ОТС). Для введения времени в поле графа ТПШИ изображение структуры процесса ориентируют вдоль оси времени.

Операции изображаются в виде прямоугольников, длина которых соответствует времени выполнения, цвет – виду оборудования, а расположение прямоугольников в виде полос соответствует принадлежности операций к обработке определённой детали.

Такая модель данных позволяет удовлетворить все информационные потребности пользователя базы (технолога швейного производства), обеспечивая быстрый доступ к информации о том, какие операции должны быть выполнены для изготовления швейного изделия, содержащего набор определенных деталей, в какой очередности, на каком оборудовании, за какое время. Немаловажным является то, что с помощью графа ТПШИ очень просто установить последовательность и параллельность выполнения операций, а это, как нам известно, влияет на процесс комплектования неделимых операций в организационные. Для успешного функционирования предприятия все его информационные по-

токи должны быть связаны в единую систему, в которой выходная информация одной подсистемы является входной для другой подсистемы.

Входная информация для БД технолога поступает из следующих БД.

Из БД **модуля конструирования** – состав деталей одной модели, конструктивно-декоративные элементы, конфигурация и размеры деталей, определяемые на этапе создания модельной конструкции изделия; припуски на обработку, заложенные при создании лекал модели; схемы дублирования деталей.

Из БД **модуля нормирования** – нормы времени на выполнение технологически неделимых операций.

Из БД **модуля конфекционирования** – вид основного, подкладочного, прокладочного материалов для учёта их свойств при выборе оборудования и при установлении технических условий выполнения операции; наличие и количество фурнитуры; наличие и количество прикладных материалов.

Выходная информация БД технолога – это технологическая последовательность обработки, формализованная в виде графа ТПШИ. А граф ТПШИ используется в **БД технологических схем** швейных потоков как исходная (входная) информация для комплектования неделимых операций в организационные.

Исходя из сказанного выше, сформируем **модель данных о технологической последовательности изготовления швейного изделия**.

Технологическая последовательность изготовления швейного изделия должна быть представлена в базе данных технолога так, чтобы пользователю было удобно к ней обращаться, изменять и дополнять её. Для этого введены понятия «конструктивно-технологический модуль (КТМ)», «блок операций» и «этап обработки».

КТМ – группа операций по обработке конструктивно-декоративного элемента на одной детали. Например, операции по обработке складок, выточек, зацепов, краев детали. Если же обработка предполагает наличие нескольких деталей, то операции группируются из списков разных деталей и образуют **блоки**.

В ходе технологического процесса изготовления изделия степень его завершенности увеличивается, происходит укрупнение элементов – КТМ входят в состав блоков, блоки – в состав этапов.

Этап обработки – функционально завершенная последовательность операций по обработке швейного изделия, приводящая к переходу от разрозненных деталей (запуск) к полуфабрикатам (обработка), от полуфабрикатов к целостному изделию (монтаж), от целостного изделия к изделию в готовом виде (отделка).

Если данные в базе будут расположены в соответствии с предлагаемой моделью, то выбор оператором набора деталей для одной модели позволит получить обобщённый граф ТПШИ для заданного вида изделий, отражающий обработку и сборку только выбранных деталей. На рисунке 3.2 представлена **концептуальная модель базы данных технолога швейного предприятия**.

На рисунке 3.2 представлена схема организации данных в базе технолога, так называемая концептуальная модель БД. База данных содержит следующие

элементы: изделие, модели, детали (Д), операции по обработке деталей (О), сгруппированные в КТМ и блоки операций, относящиеся к отдельным этапам обработки. Например, в блоке «Обработка прорезного кармана с клапаном» будут выделяться КТМ «Обработка клапана» и «Обработка подкладки кармана». То есть КТМ описывают несколько операций по обработке только одной детали, объединение деталей вызывает необходимость объединения КТМ в блоки, что показано на рисунке 3.2. Для ориентации базы на использование в качестве основы для формирования организационной структуры швейного потока удобно данные о времени выполнения операций отображать графически: высота прямоугольников, изображающих операции на рисунке 3.2, соответствует времени их выполнения и соотносится с осью времени, расположенной в левой части рисунка.

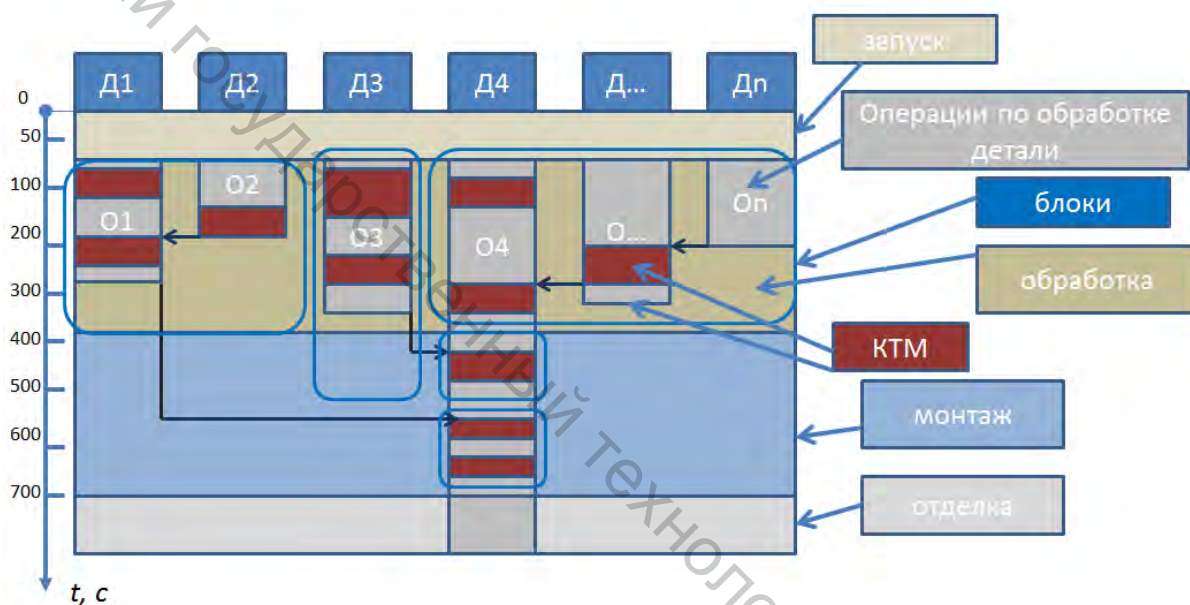


Рисунок 3.2 – Концептуальная модель базы данных для технолога

Работа с базой данных технолога

Информация о коде изделия, коде модели, кодах деталей и их схемах импортируется из модуля конструирования. Если возможности импорта нет, тогда пользователь работает с базой данных по следующему алгоритму.

1. При заполнении описания внешнего вида модели пользователем из предложенного списка выбирается код изделия – программа активизирует полный набор всех когда-либо введенных деталей, относящихся к этому виду изделий. На этом этапе происходит активизация обобщенного графа ТПШИ конкретного вида изделий.

2. Из предложенного набора деталей пользователь выбирает детали, составляющие модель; программа отсеивает все операции, связанные с невыбранными деталями, активными остаются все операции, относящиеся к выбранным деталям.

3. Из предложенного списка видов обработки поверхности выбранных деталей пользователь выбирает соответствующие модели виды обработки. Ак-

тивными остаются только операции выбранных видов обработки и все операции, описывающие соединение выбранных деталей в различных комбинациях.

4. Из предложенного списка блоков операций по соединению деталей (количество комбинаций деталей в блоках ограничено) пользователь выбирает нужные блоки.

5. Оставшиеся операции представляются в виде графа ТПШИ конкретной модели и в табличной форме. На рисунке 3.3 представлена схема выбора данных об обработке деталей из базы. Анализ рисунка 3.3 показывает, что при работе с базой данных технолога пользователем было выбрано конкретное изделие, состоящее из деталей Д1, Д2 и Д4. Автоматически САПР произвела выбор операций, характеризующих обработку именно этих деталей (выбранные операции затушеваны на рисунке). Заметно, что операции, связанные с другими, невыбранными деталями, остались неактивными (изображены белым на рисунке). Связь операций с деталями установлена изначально, при вводе данных в базу, а на рисунке изображена маркером с номером детали. Так, операция О41 не была выбрана, поскольку маркер указывает на её связь с деталями Д1 и Д3 одновременно, а пользователь не выбрал деталь Д3. Таким образом, для эффективного использования всех ресурсов, заложенных в той или иной САПР, реализованной на базе СУБД, следует отдавать себе отчет в том, как структурирована информация в данной СУБД, каким образом связаны между собой элементы базы и как они взаимодействуют. Поэтому, если Вы испытываете трудности при работе с САПР, реализованной на базе СУБД, следует внимательно прочитать инструкцию пользователя, в которой, как правило, объяснены основные особенности структурирования базы данных. Необходимо также тщательно проследить контрольный пример и принять существующее положение дел как данность – в спроектированной базе данных нет места Вашему мнению об удобстве структурирования информации, зато в ней раз и навсегда заложенные принципы работают с точностью швейцарских часов.

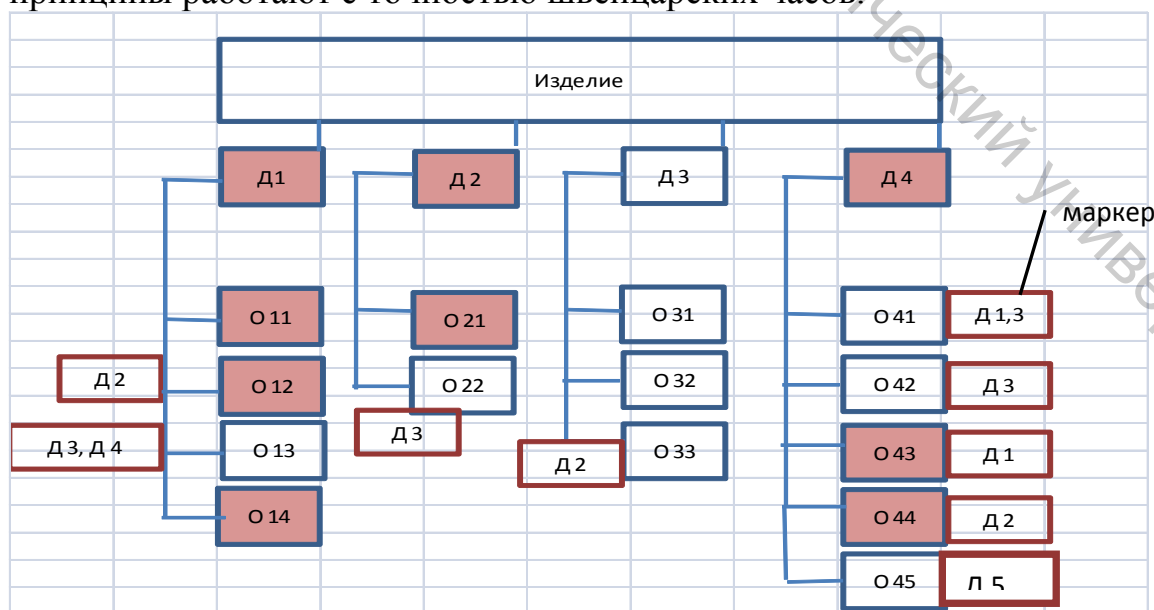


Рисунок 3.3 – Принцип выбора данных об обработке деталей изделия из базы

4 СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Технологическая подготовка производства – следующий после проектирования этап в цикле разработки нового изделия.

Данный этап состоит в обеспечении технологической готовности предприятия к выпуску спроектированного изделия при соблюдении требований к качеству, срокам и объемам выпуска, а также с учетом запланированных затрат. Технологическая подготовка производства (ТПП) включает в себя:

- обеспечение технологичности изделия (включая технологичность конструкции изделия и технологичность выполнения работ при его изготовлении, эксплуатации и ремонте);
- проектирование раскладок лекал;
- разработку и внедрение технологических процессов для изготовления деталей и узлов изделия;
- проектирование и изготовление необходимого нестандартного оборудования и средств технологического оснащения (приспособлений, лекал, специального инструмента);
- управление процессами ТПП.

Целью ТПП является создание проекта технологического процесса, его технического обеспечения на основе проекта изделия. Информация, полученная на этом этапе, должна отвечать на вопрос, как нужно изготавливать изделие, чтобы оптимизировать технико-экономические показатели деятельности предприятия, его выпускающего. Эта информация создает базис нормативно-технических данных, необходимых для организации управления предприятием. Поэтому от качества информации, полученной на данном этапе и отраженной в технологической документации, в значительной степени зависят эффективность производства и качество продукции.

Проект технологического процесса разрабатывается как компромисс между требованиями конструкции изделия и возможностями производства. Поэтому уже на начальных стадиях разработки проекта необходимо вести обработку его на технологичность, возможность реализации в конкретных производственных условиях.

В своей работе система автоматизированной ТПП осуществляет хранение и обработку информации об изделии на протяжении всего времени его жизненного цикла, а также обеспечивает управление этой информацией. К **видам информации**, используемой в автоматизированной системе технологической подготовки производства (АСТПП), относятся:

- информация о деталях и сборочных единицах изделия;
- информация о технологических процессах изготовления изделия;
- информация об используемых средствах технологического оснащения;
- нормативно-справочная информация;
- планово-учетная информация.

Все эти виды информации должны быть организованы в виде единой структурированной информационной модели, доступной для работы всем специалистам ТПП. Иными словами, должно быть организовано единое информационное пространство ТПП, которое позволяет:

- принимать и хранить проект изделия в электронном виде;
- эффективно отслеживать текущее состояние ТПП изделия;
- организовывать быстрый авторизованный просмотр всех моделей и документов;
- обеспечивать оперативный обмен информацией между пользователями;
- обеспечивать информационную согласованность работы всех подсистем;
- поддерживать открытость системы, удобство адаптации к меняющимся условиям производства;
- обеспечивать информационный обмен с автоматизированной системой управления производством (АСУП).

Эти требования к единому информационному пространству могут быть выполнены только в том случае, если процессы конструкторского и технологического проектирования автоматизированы. При этом проектная информация поступает в информационное пространство автоматически и становится доступной всем пользователям системы в соответствии с имеющимися у них правами доступа.

4.1 Принципы работы САПР раскладок лекал

Построение раскладок в компьютере, зарисовка их в натуральную величину или раскрой на автоматизированной раскройной установке (АРУ) – именно ради решения этих задач создавались первые швейные САПР. Автоматическая, быстрая, предельно плотная раскладка лекал – давняя мечта изготовителей одежды, так как от качества раскладок зависит себестоимость и конкурентоспособность производимых изделий.

Многолетний опыт использования САПР раскладки на предприятиях убедительно показал значительные преимущества компьютерных технологий формирования раскладок перед традиционным ручным способом. Применение САПР для проектирования раскладок на швейных предприятиях:

– обеспечивает экономию сырья до 3 % за счет нормирования межлекальных отходов, уплотнения раскладок и устранения потерь, связанных с обмеловкой лекал;

– повышает производительность и качество труда оператора-раскладчика, при этом напряженность труда раскладчика снижается, так как система подстраховывает и предостерегает его от ошибок;

– способствует более рациональному использованию производственных площадей, так как позволяет заменить столы для раскладок лекал на компактные автоматизированные рабочие места (АРМ) и исключить оборудование для измерения площади лекал, для изготовления копий раскладок, для изготовле-

ния и хранения лекал (сокращение затрат на лекальное хозяйство составляет 75–85 %);

– при использовании плоттера позволяет получать зарисовки раскладок в натуральную величину в неограниченном количестве и в кратчайшие сроки;

– обеспечивает условия для раскроя на АРУ (автоматизированных раскройных установках).

Процесс формирования раскладки в САПР заключается в размещении изображений лекал на экране дисплея в площади прямоугольника, длина и ширина которого соответствуют параметрам полотна настила.

Существует три основных **режима формирования** раскладок.

Ручной или диалоговый – когда очередность и местоположение лекал выбирает раскладчик.

Автоматический – когда система сама строит различные варианты раскладок и выбирает лучший.

Полуавтоматический или комбинированный – когда часть лекал раскладчик укладывает по своему усмотрению, а остальные – система.

Рассмотрим каждый из этих режимов подробнее.

Ручной (диалоговый) режим формирования раскладок лекал

В ручном режиме раскладчик лекал выполняет на экране компьютера практически ту же работу, что и на столе. Оператор-раскладчик на экране дисплея выбирает и помещает нужные лекала в поле раскладки. Система фиксирует лекало в указанном месте и автоматически выполняет контроль соблюдения технологических требований: соблюдение заданных технологических зазоров; отсутствие пересечения внешнего контура устанавливаемого лекала с контурами ранее уложенных лекал, с границами настила, с линиями стыковки секций настила. При невыполнении любого из перечисленных требований система не допускает размещения лекала в указанном месте, подает звуковой сигнал о необходимости корректировки в размещении лекала или автоматически осуществляет корректировку расположения лекала в схеме раскладки.

Качество и скорость выполнения раскладки зависит от мастерства раскладчика и удобства пользовательского интерфейса программы. В этом режиме затрачивается больше времени, чем в других режимах, но в 1,5–2 раза быстрее, чем при работе на столе.

Автоматический режим формирования раскладок лекал

Автоматическая раскладка сложна в ее программной и технической реализации. Наличие автоматического режима раскладки лекал в САПР является свидетельством высокого профессионального уровня специалистов разработчиков системы.

При автоматическом режиме раскладки функции оператора сводятся к заданию параметров материала и выбору комплектов для раскладки, а система сама строит различные варианты раскладок с учетом заданных технологических ограничений. Программа останавливается либо по указанию пользователя, либо по истечении заданного на поиск раскладки интервала времени, либо при

достижении определенного процента межлекальных выпадов. Далее система предлагает один или несколько наилучших вариантов.

Этот способ является наиболее быстрым и удобным, но, тем не менее, автоматический режим раскладки лекал есть далеко не во всех САПР, и даже при его наличии в системе им не всегда пользуются на предприятиях.

Проблема состоит в том, что ни одна автоматическая раскладка не может превзойти результаты опытного раскладчика. Как правило, автоматическая раскладка менее экономична (на 2–4 % по сравнению с ручной). Задача максимально плотного размещения плоских фигур произвольной конфигурации внутри прямоугольной области с переменной длиной одной из сторон решается только методом последовательного перебора вариантов. Но число возможных вариантов слишком велико. Например, количество вариантов раскладки для комплекта всего лишь из 5 разных деталей при соблюдении направления ворса равно 260, для того же комплекта без соблюдения направления ворса – 520, а с учетом возможных поворотов лекал на малые углы (в пределах допустимого отклонения от заданного направления долевого) их количество возрастает практически до бесконечности. Ввиду сложности задачи и многовариантности возможных решений технически затруднительно обеспечение всех требований, предъявляемых к рациональным раскладкам. Поэтому автоматические раскладки ограничены определенными условиями и не гарантируют выполнения всех требований. Так, например, автоматическая раскладка во многих САПР не обеспечивает совмещения деталей с рисунком ткани, не предусматривает использования допустимых отклонений от долевого, кромки ткани, не позволяет изменять величину технологического зазора между деталями в раскладке. Только в последние годы появились программы, обеспечивающие получение «хороших» результатов раскладки за сравнительно короткий промежуток времени.

Автоматическая раскладка не гарантируют получение оптимального, т.е. наилучшего из всех возможных, результата. Поэтому на современном этапе наиболее рациональным видится использование комбинированных программ построения раскладки, когда кроме автоматического режима проектирования, есть и полуавтоматической, в котором человек имеет возможность корректировать результат автоматической раскладки, а также изменять расположение лекал для учета специфических технологических ограничений.

Полуавтоматический (комбинированный) режим формирования раскладки лекал

Он совмещает в себе ручной и автоматический режимы. Это наиболее эффективный режим построения раскладок, так как позволяет использовать опыт оператора-раскладчика и быстродействие компьютера. Вместе они быстрее строят экономичную и технологичную раскладку, чем каждый из них в отдельности.

Полуавтоматический режим раскладки может быть реализован двумя способами:

1) оператор-раскладчик вручную размещает на материале часть лекал (как правило, наиболее крупных или наиболее сложной конфигурации), затем остальные лекала раскладываются системой автоматически;

2) вначале все лекала раскладываются в автоматическом режиме, а затем получившиеся раскладки просматриваются оператором-раскладчиком и при необходимости корректируются.

В некоторых САПР, например в САПР «Грация», при формировании раскладки возможен неоднократный переход от ручного режима к автоматическому и наоборот.

Эффективная программа построения экономичных и технологичных раскладок:

- поддерживает сочетание ручного, автоматического и полуавтоматического режимов с учетом различной лицевой поверхности (с направленным ворсом или оттенком, рисунком) материала, способа настиления, дефектов и технологических ограничений;

- предоставляет оператору возможность задавать дополнительный припуск к деталям (на усадку, подгонку рисунка и т. п.); объединять лекала в группу, которая будет двигаться как единое целое (это удобно для мелких, компактно уложенных лекал); зеркально отображать и поворачивать лекала; разрезать детали в любом месте на части с припуском на шов (в целях рационального размещения лекал в раскладке) и соединять части лекала в целое;

- автоматически отслеживает изменения в лекалах;

- рассчитывает наилучшее сочетание размеров и ростов моделей в одной раскладке;

- предоставляет возможность отмены операций, выполняемых в процессе раскладки;

- готовит процесс раскроя, определяя стартовые точки, направление вырезания, и т. п.;

- позволяет передавать информацию о раскладке в другие системы;

- стимулирует проектирование раскладок самими конструкторами, что создает условия для корректировки конструкции модели с целью достижения максимального использования материала без снижения качества изделия;

- обеспечивает экономию времени и материалов.

Печать готовых раскладок

Готовые раскладки записываются в файл (для дальнейшего использования) и распечатываются в натуральную величину на плоттере. Печать осуществляется на плоттере: целиком или по частям, в зависимости от формата плоттера. Напечатанная на бумаге в натуральную величину раскладка используется в качестве разметки (намеловки) при раскрое настила. На основе раскладки может быть подготовлена программа порезки настила на автоматизированной раскройной установке.

4.2 Автоматизация проектирования технологической последовательности изготовления изделия

Подготовка производства в технологическом модуле САПР предусматривает автоматизированную разработку технологической последовательности изготовления изделия, нормирование затрат времени на операции, разработку и анализ технологической схемы швейного потока, разработку маршрута движения кроя и полуфабрикатов. Современные САПР, как правило, содержат модуль «Технолог», позволяющий выполнять перечисленные задачи полностью или частично. Задачу автоматизированного **проектирования технологической последовательности изготовления** швейных изделий реализовали многие известные на сегодняшний день САПР одежды. Суть процесса автоматизированного проектирования технологической последовательности сводится к выбору неделимых операций из базы данных и расположении этих операций в определенном порядке. Как в детском конструкторе «Лего» можно получить совершенно разные игрушки из одного и того же набора элементов, так и в программах для проектирования последовательности элементы последовательности можно «сложить» различными способами. Однако, удобство использования той или иной программы зависит от того, какие элементы проектировщик выделил в качестве базовых. Это могут быть узлы обработки, детали кроя или графические элементы изображения внешнего вида модели.

Автоматизированное проектирование последовательности основано на создании и пополнении электронных баз данных операций по обработке изделий. Различаются программы автоматизированного проектирования последовательности по признаку классификации, заложенному в базе данных, и по степени интеграции с другими модулями и подсистемами САПР одежды.

На сегодняшний день известны следующие два типа программ. К **первому** типу относятся программы, реализующие **поузловую** классификацию, в которых алгоритм проектирования последовательности можно упрощенно представить цепочкой: ассортимент – набор узлов модели – способ обработки узла – набор технологических операций по обработке узла выбранным способом. Ко **второму** типу относятся программы, реализующие **подetailную** классификацию, с упрощенным алгоритмом: ассортимент – набор деталей модели – способ обработки детали – набор технологических операций по обработке детали.

Структурирование данных в программах **первого типа** проводится на основе *обобщенной технологической последовательности изготовления изделия* конкретного ассортимента. Такой тип программ преобладает на рынке САПР. Это связано с традиционным представлением технологической последовательности в виде набора узлов обработки, простотой восприятия поузловой иерархии, наличием огромных массивов наработанных швейными предприятиями данных, сгруппированных по признаку принадлежности к узлам обработки.

Для составления последовательности обработки изделия пользователь программы первого типа обращается к справочникам с наборами технологиче-

ских операций. Унифицированные операции этих справочников сгруппированы в технологические узлы обработки, а каждый узел в свою очередь привязывается к ассортиментной группе.

Автоматическое формирование последовательности из справочника технологических операций производится в одном из режимов:

- модификация существующей последовательности на однотипное изделие;
- выбор узлов, имеющих в базе данных;
- выбор операций с возможностью одновременного пополнения базы данных. На рисунке 4.1 показано диалоговое окно технологического модуля САПР «Комтенс» в процессе пополнения базы данных информацией о новой технологической операции.

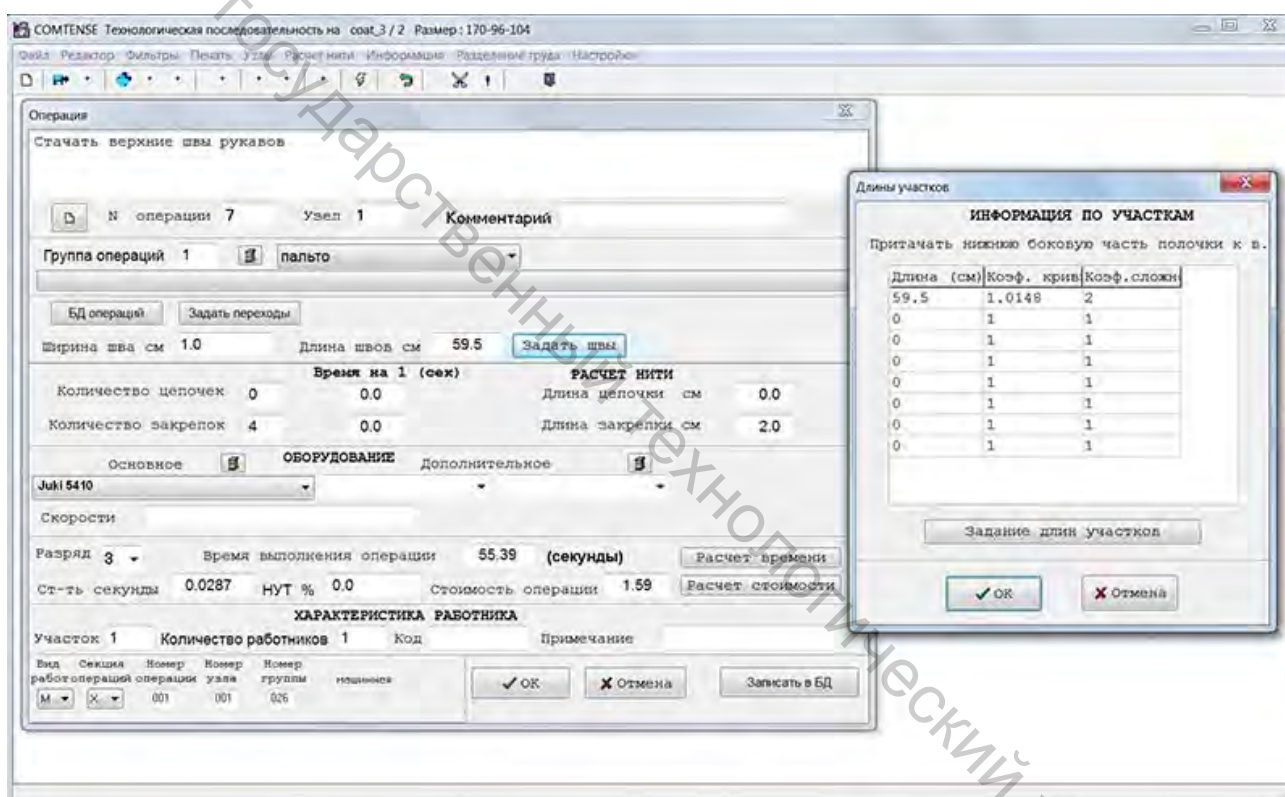


Рисунок 4.1 – Диалоговое окно ввода данных по операции программы «Технолог» САПР «Комтенс»

В верхней части диалогового окна расположено поле для ввода наименования операции, ниже – ячейки для ввода данных о длине и ширине шва, используемом оборудовании, разряде и секундной тарифной ставке. Программа интегрирована с модулем конструирования, что позволяет автоматически отображать длины швов, указанные пользователем на чертеже лекала детали.

Если обращение к базе данных лекал кажется пользователю неудобным, предусмотрена возможность выбора операции с аналогичными характеристиками по длине, кривизне и сложности шва для расчета нормы времени на опе-

рацию.

Нижняя левая часть окна содержит фильтры для выбора секции, узла, группы и специальности вводимой операции. Это упрощает работу пользователя. На рисунке 4.2 дан пример диалогового окна для выбора узлов обработки программы первого типа.

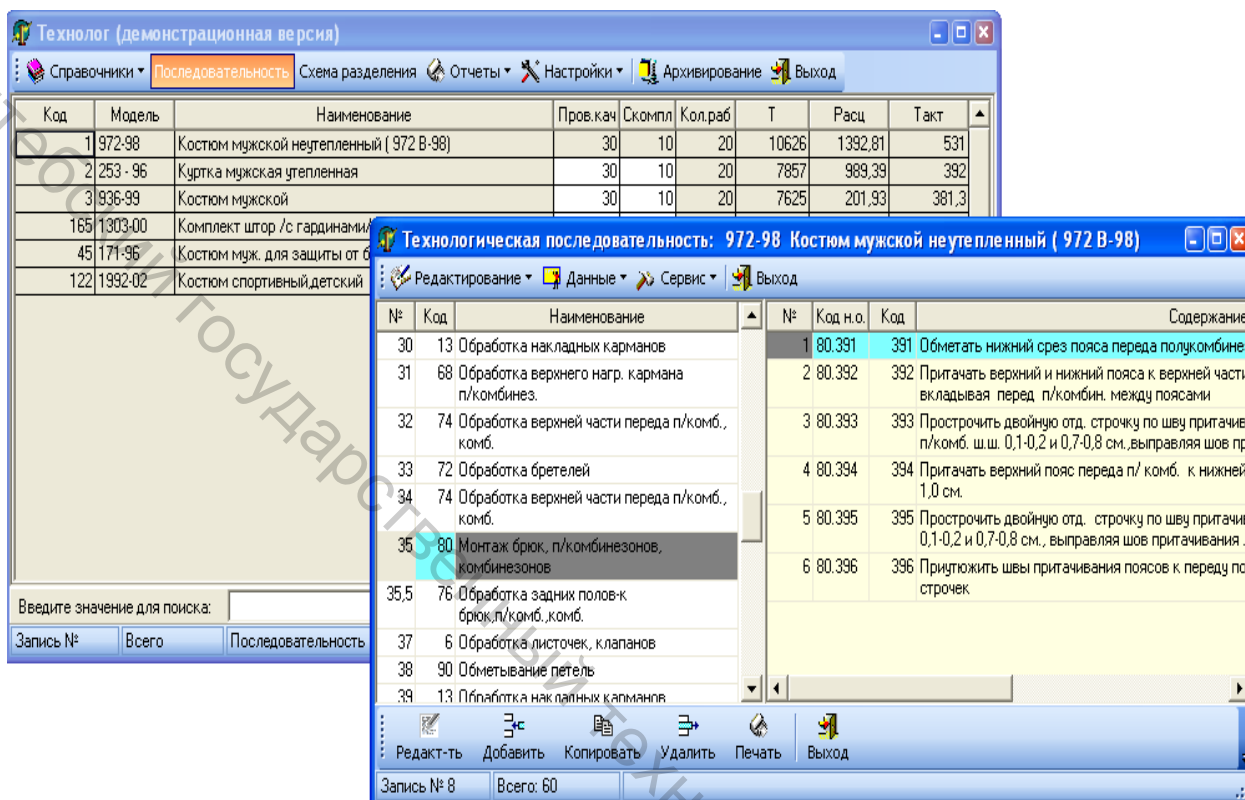


Рисунок 4.2 – Диалоговое окно базы данных с поузловой классификацией

Программы первого типа могут быть интегрированы с другими модулями САПР или работать автономно. Они могут интегрироваться с подсистемой нормирования технологических операций, могут быть связаны или не связаны с базой данных оборудования и приспособлений, содержать другие классификационные группы операций (не узлы, а, например, группы операций по обработке частей изделий). Однако все они имеют один существенный недостаток – программы первого типа невозможно совместить с подсистемой автоматического проектирования технологических схем швейных потоков. Представление последовательности операций в виде списка последовательно обрабатываемых узлов позволяет проводить лишь частично автоматизированное комплектование операций в диалоговом режиме.

К программным комплексам первого типа относятся технологические модули САПР «Комтенс», «Ассоль», «Грация», «Julivi», «Eleandr САРР».

В основе структурирования данных в базах программ **второго типа** лежит *обобщенный граф технологического процесса* изготовления изделий конкретного ассортимента.

В отличие от программ первого типа, программы с поддетальным принципом организации базы данных разрабатываются только в комплексе с модулем конструирования и совместимы с другими подсистемами, в том числе, с подсистемой нормирования затрат времени на неделимые операции и подсистемой проектирования технологических схем потоков.

В связи с этим программы второго типа имеют определенные преимущества, обусловленные интегрированностью в единое информационное пространство конструкторско-технологической подготовки производства:

- модель, разработанная конструктором, активируется в базе технолога автоматически, с присущим только ей набором деталей и способами их обработки и соединения, поэтому работа конструктора и технолога ведется параллельно во времени;

- граф технологического процесса изготовления модели формируется на этапах описания внешнего вида модели и конструирования автоматически;

- технологическая последовательность обработки модели формируется автоматически;

- технологическая схема потока после введения пользователем основных параметров (такта, допускаемых отклонений, критериев оптимизации организационной структуры, тарифной сетки и т. п.) формируется автоматически. Это возможно ввиду того, что структура базы данных основана на графе ТП, который является формализованной моделью процесса изготовления швейного изделия. Поэтому действия по преобразованию графа ТП в граф ОТС (формализованную модель технологической схемы потока) можно описать математически и осуществить с помощью компьютерной программы.

Программы второго типа находятся на стадии разработки, реализованы в той или иной степени в САПР «Автокрой» (НПООО «Лакшми», Республика Беларусь) и в экспериментальной программе «Последовательность» (УО «ВГТУ», Республика Беларусь).

Алгоритм проектирования технологической последовательности изготовления одежды в автоматическом режиме в программе «**Последовательность**» следующий.

1. Выбор кода изделия.
2. Выбор деталей, составляющих модель, из списка имеющихся в базе.
3. Выбор соответствующих видов обработки поверхности каждой детали.
4. Автоматическое формирование технологической последовательности и её представление в виде графа ТПШИ конкретной модели. На рисунке 4.3 представлены диалоговые окна программы.

Поскольку программа «Последовательность» написана в отрыве от подсистемы конструирования, шаг по выбору деталей из имеющегося набора необходимо выполнить. В случае интеграции программ проектирования конструкции и технологии, это не нужно – набор деталей одной модели уже сформирован конструктором. Пользователь лишь отмечает способ обработки поверхности деталей – и последовательность автоматически формируется. Следует от-

метить, что понятие «деталь» в данной программе применимо не ко всем элементам, из которых составляется последовательность. Например, в списке деталей присутствует фурнитура, а также этап обработки «запуск деталей в поток». Такое решение продиктовано стремлением упорядочить причинно-следственные связи, возникающие при разработке последовательности. Так, например, выбирая в качестве фурнитуры пуговицы, пользователь автоматически выбирает полный набор операций по намелке мест расположения петель, пуговиц, обметыванию петель и пришиванию пуговиц. Более подробно принцип выбора операций из базы данных с поддетальной классификацией данных можно проследить по рисунку 4.3. Концептуальная схема именно этой базы данных представлена на рисунке 3.2 в разделе 3.

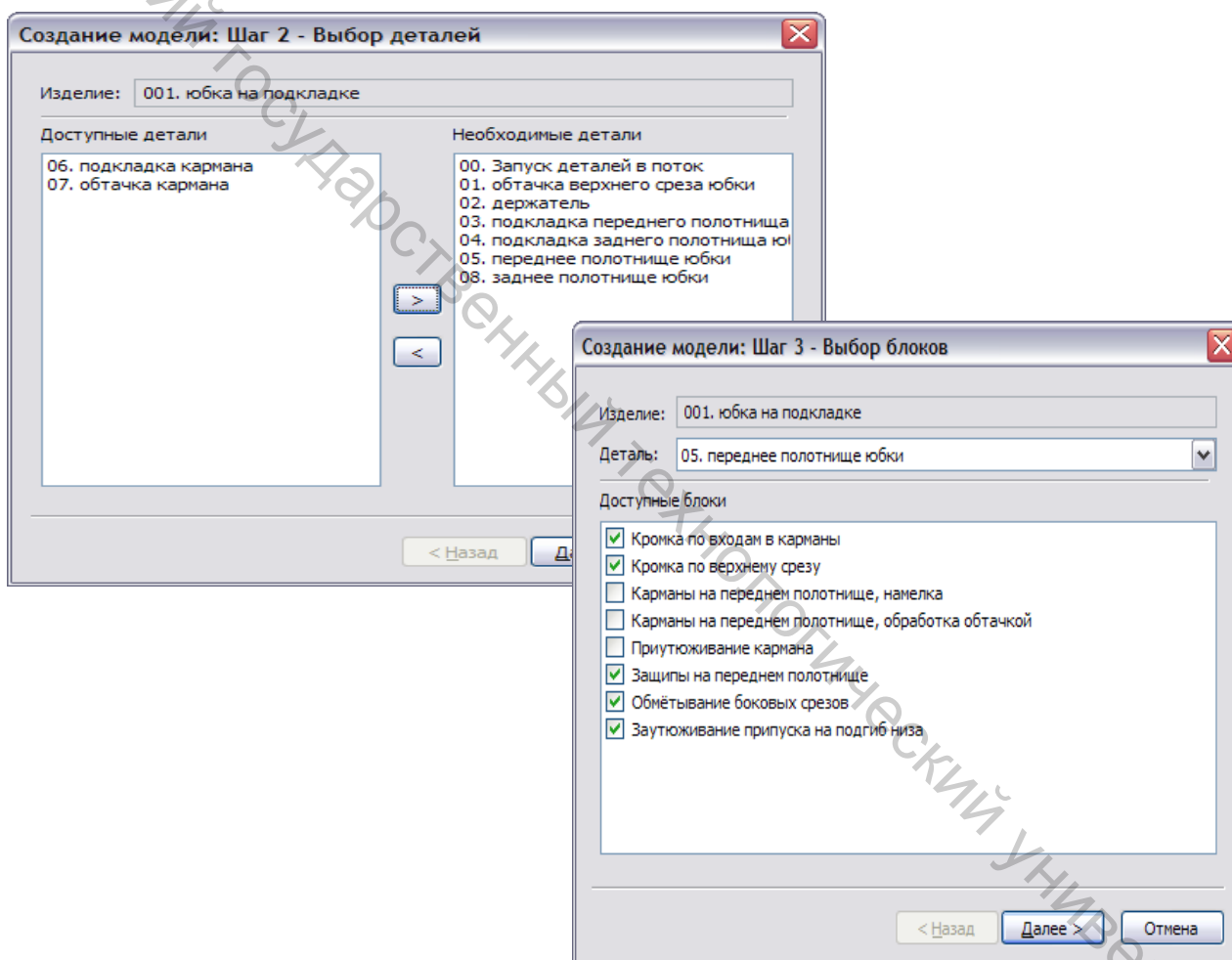


Рисунок 4.3 – Мастер создания модели в программе с поддетальной классификацией данных

Результат работы программы «Последовательность» представлен на рисунке 4.4. Теперь Вы можете проследить, как идея базы данных развивается в программном продукте.

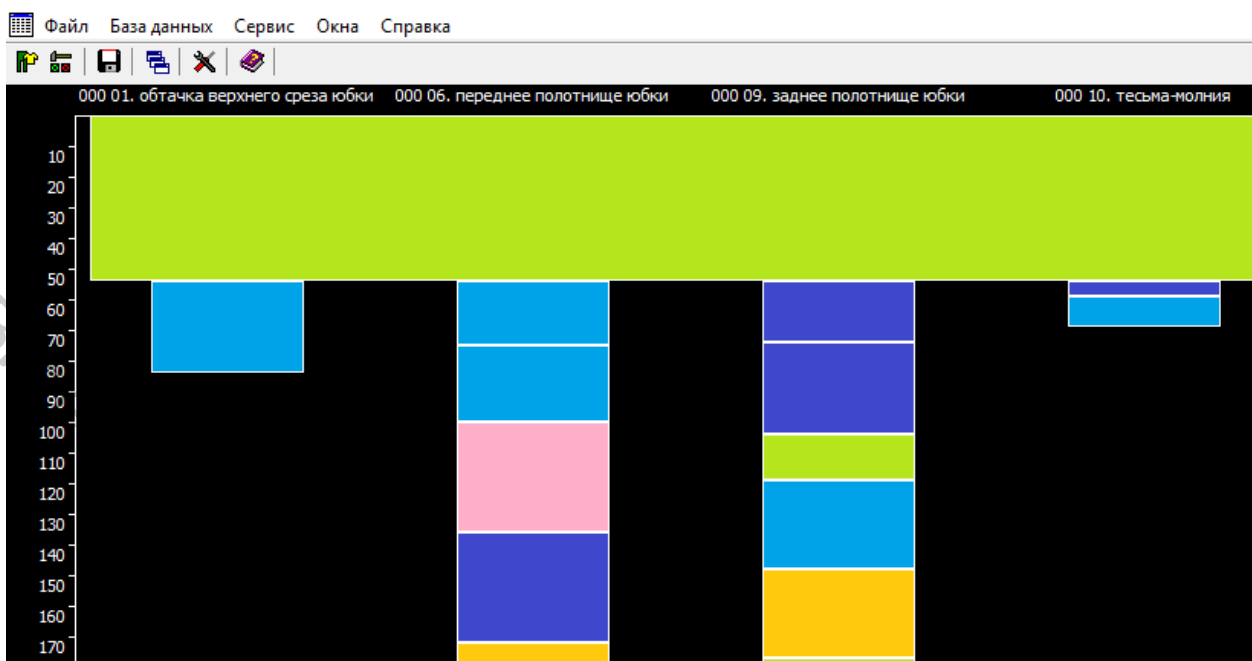


Рисунок 4.4 – Фрагмент автоматически построенного графа технологического процесса изготовления модели

Автоматическое формирование технологической последовательности является инновационным решением в автоматизации технологической подготовки швейного производства. Оно обеспечивает полный цикл сквозной автоматизации процессов конструирования одежды и разработки технологии. Процесс проектирования технологической последовательности изготовления одежды в автоматическом режиме в САПР «Автокрой» включает следующие действия.

1. Открытие модели. При этом конструкция автоматически разбивается на технологические узлы обработки деталей, состав которых можно изменять в интерактивном графическом режиме.

2. Расчет длин швов и срезов.

3. Выбор пользователем маршрута формирования технологической последовательности (порядка обработки деталей).

4. Синтез технологической последовательности или автоматическое формирование технологической последовательности по выбранному маршруту.

5. Интерактивное добавление (при необходимости) независимых или соединительных блоков, отделочных операций.

6. Редактирование технологической последовательности (при необходимости).

7. Запись созданной последовательности изготовления изделия в архив.

8. Вывод технологической последовательности на печать.

Реализация **автоматического** режима проектирования технологической последовательности предусматривает наличие информации о деталях модельной конструкции, содержащей описание конструктивно-технологических параметров на основании лекал (система выбирает автоматически из архивов моде-

лей), что позволяет использовать данные для расчета норм времени операций и определения состава и порядка выполнения операций на каждую модель.

Перспективы развития автоматизации проектирования технологической последовательности изготовления изделий связаны с использованием в качестве входной информации для формирования последовательности *графического изображения модели*. Это накладывает ограничения на проектирование эскиза модели, который должен содержать только определенные графические примитивы, используемые для обозначения того или иного узла обработки. Сложность реализации такого типа программ обусловлена неоднозначностью распознавания графической информации программами, осуществляющими связь между изображением детали или конструктивно-декоративного элемента (графическим примитивом) и набором операций по его обработке.

Итак, современные САПР одежды предлагают два типа программ проектирования технологической последовательности изготовления швейных изделий: с поузловой и поддетальной структурой базы данных. Программы с поузловым структурированием данных базы могут быть автономными или интегрированными с другими модулями САПР, они наиболее распространены, просты и привычны для технологов. Программы, реализующие поддетальный принцип структурирования данных, находятся на стадии разработки, призваны обеспечить переход от автоматического проектирования последовательности к автоматическому проектированию технологических схем потоков на основе интеграции всех модулей САПР одежды.

4.3 Автоматизация проектирования и анализа технологических схем швейных потоков

Схема разделения труда (СРТ) – основной документ, на основании которого проводится расстановка рабочих мест в потоке, определяется потребность в оборудовании, инструментах и приспособлениях, рассчитывается сдельная заработная плата рабочих и пр. Разработку схемы разделения труда производят в два этапа. Сначала выполняют предварительный расчет потока, а затем – комплектование организационных операций потока с учетом технологических и организационных требований к организации производства.

Комплектование организационных схем возможно в ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах. При автоматическом режиме система сама формирует организационные операции, исходя из заданных условий (такта потока и допустимых отклонений от него, видов операций и оборудования, узлов и пр.). При комплектовании автоматически рассчитываются параметры организационных операций (время, стоимость, средний разряд, норма выработки). Всегда имеется возможность вручную произвести корректировку организационных операций, дополнить организационную схему вспомогательными технологическими операциями, выполнить разгрузку рабочего (разделить одну организационную операцию на две).

Автоматическое составление СРТ сопряжено с различного рода трудностями, к наиболее существенным из них относят: большое число технологических операций и, как следствие, вариантов их комплектования в организационные; значительное число ограничений решения задачи оптимального комплектования; необходимость строгого выполнения при некоторых организационных формах потока заданной технологической последовательности операций; возможность выделения под организационные операции более одного рабочего места; частую сменяемость ассортимента продукции, изменяющую структуру дерева технологической последовательности операций.

Известно, что целесообразность комплектования нескольких технологических операций в организационные (неделимые операции, объединяющиеся на одном рабочем месте), объясняется экономией времени на вспомогательных приемах. Математическая постановка задачи расчета схемы разделения труда представляется следующим образом:

- 1) должна соблюдаться технологическая последовательность изготовления изделия;
- 2) продолжительность организационной операции должна быть равна или кратна (с учетом допустимых отклонений) такту потока;
- 3) объединяемые операции должны иметь равные или смежные разряды работ;
- 4) должны объединяться технологически однородные операции.

На сегодняшний день большинство программ автоматизированного проектирования технологических схем швейных потоков ориентировано на автоматизированное составление схемы в диалоговом режиме, поскольку до сих пор не удалось реализовать такой алгоритм автоматического составления СРТ, в результате работы которого всегда получалась бы адекватная схема.

Как правило, дальнейшая обработка данных схемы разделения труда (анализ схемы и расчет технико-экономических показателей) производится после её экспорта в табличный редактор MS Office Excel, а также в некоторых САПР реализован экспорт данных в бухгалтерские программы предприятия.

В некоторых программах реализована возможность применения фильтров при автоматизированном составлении СРТ. На рисунке 4.5 показано диалоговое окно САПР «Julivi» с включенными фильтрами по специализации операций и по видам оборудования.

В таком случае программа выведет на экран сообщение о некорректном комплектовании, если в одну организационную операцию пользователь попытается скомплектовать операции разных специальностей, выполняемые на разном оборудовании.

Кроме фильтров, используемых пользователем при комплектовании, диалоговое окно программы дополнено графическим изображением «наполняемости» организационной операции и «расходования» рабочей силы. Справа от таблицы технологической последовательности расположен прямоугольник, изображающий постепенное изменение количества рабочих от максимального количества, рассчитанного по такту или заданного пользователем, до нуля, ко-

гда все операции СРТ будут скомплектованы. Справа от таблицы СРТ расположен прямоугольник, изображающий постепенное изменение количества рабочих в рамках одной организационной операции. Первоначально эта величина изменяется от 0 до 1, а впоследствии, при комплектовании на большее число рабочих, нарастает.

Некоторые САПР СРТ поддерживают режим полуавтоматического проектирования, когда для составления новой СРТ используется ранее созданная СРТ, корректируются только отдельные операции, либо производится перерасчет схемы при новых условиях отклонения от такта, ставки первого разряда или иных параметров.

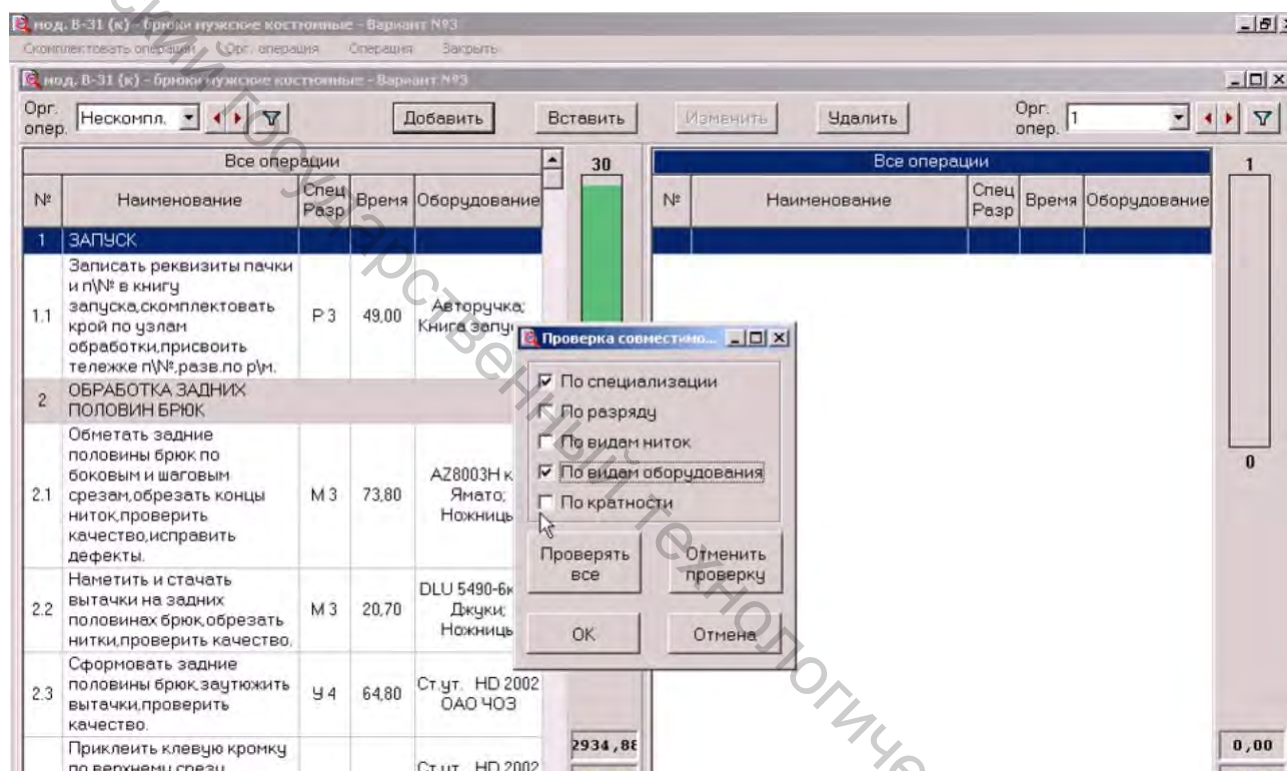


Рисунок 4.5 – Диалоговое окно программы для создания СРТ САПР «Julivi»

4.4 Комплексная автоматизация технологической подготовки производства в современных САПР швейных изделий

Широко используемые швейными предприятиями Беларуси и хорошо зарекомендовавшие себя на рынке САПР производители стремятся разрабатывать свои программные продукты по модульному принципу и в той или иной степени приближают свои разработки к идее комплексной автоматизации ТПП.

Например, САПР «Ассоль» оснащена модулями «Расчет куска» и «Технолог». Модуль «Ассоль–Расчет куска» предназначен для рационального расчета кусков материала для раскроя и осуществляет: ведение базы данных кус-

ков материалов, содержащей информацию о разбраковке, ведение базы данных раскладок, ручной и автоматический расчет куска, в т. ч. с учетом допустимых пороков и расчет на секционные настилы. Модуль «Ассоль–Технолог» – самостоятельная подсистема для составления технологической последовательности и выполнения разделения труда. Программа автоматически выполняет расчет стоимости обработки изделия, стоимости каждой организационной операции, мощности потока, процента использования оборудования и пр.

Аналогичные программы для нормирования расхода сырья и оперативного планирования есть и в САПР **Comtence**. Они позволяют составлять технологическую последовательность, схему разделения труда, расчет норм расхода сырья, в т. ч. купонных и полурегулярных изделий верхнего трикотажа, расчет потребности ниток, беек, кружев; учет кусков на складе; управление выпуском продукции.

САПР «Грация» кроме подсистем «Конструирование и Моделирование» и «Раскладки» включает также подсистемы:

- «Клиенты» – для ведения базы данных обмеров клиентов, автоматического перестроения лекал созданных моделей на конкретные фигуры с учетом их размеров и осанки;

- «Технология» – для создания и ведения баз данных оборудования, специальностей, тарифных ставок, неделимых и организационных операций; составления технологических последовательностей, схем разделения труда; расчета времени и стоимости изготовления;

- «Диспетчеризация, Учет и Планирование» – для учета материалов и фурнитуры, выполненных работ и готовой продукции; задания плана выпуска изделий; определения степени готовности моделей к запуску в производство; оперативного расчета производственных затрат, себестоимости и отпускной цены, потребности в материалах; отгрузки и оплаты, передачи данных в программу 1С Бухгалтерия;

- «Управление предприятием» – для обеспечения руководителя оперативной информацией о динамике производства и реализации любого изделия за любой период, расчета производственных показателей формирования оптимального плана.

Система автоматизированного проектирования технологии швейных изделий **Eleandr CAPP** (CAPP от англ. Computer Aided Process Planning) создана как составная часть единой информационной среды предприятия. Она поддерживает связь с другими прикладными системами, отличается возможностью использования информации извне в виде графических файлов и текстовых документов, а также передачи сформированной в Eleandr CAPP информации на другие этапы проектирования и управления производством. Внедрение автоматизированной системы на стадии проектирования изделия позволяет существенно снизить сроки подготовки производства новых моделей, совершенствовать процесс разработки конструкции и технологии изделия, разнообразить ассортимент выпускаемой продукции. Система позволяет:

- разработать описание техпроцесса изготовления нового изделия;

- сформировать технологическую документацию;
- рассчитать технически обоснованные затраты времени на операции;
- определить трудоемкость изготовления изделия; рассчитать расход фурнитуры;
- сформировать организационно-технологическую схему потока по изготовлению изделия;
- выбрать рациональный такт потока и количество исполнителей.

В состав системы программ «Julivi» входят САПР и интегрированная с ней автоматизированная система управления производством. В составе системы предусмотрены следующие рабочие места:

- **«Технологическая последовательность»** – позволяет сформировать последовательность неделимых операций пошива изделия. Для каждой операции может быть указана норма времени и рассчитана стоимость;

- **«Схема разделения труда»** – предназначается для составления схем разделения труда при поточной организации труда. На основе сформированной схемы разделения труда программа рассчитывает: норму выработки, расчетную и фактическую численность рабочих, средний тарифный разряд, средний тарифный коэффициент, норму времени и стоимость пошива, потребность в оборудовании, коэффициент механизации;

- **«Техническое описание модели»** – предназначается для формирования документов технического описания модели, в т. ч. таблиц измерений изделий в готовом виде и конфекционных ведомостей. Разработка конфекционных ведомостей заключается в привязке артикулов и цветов ткани и фурнитуры к материалам и фурнитуре модели, а также в нормировании расхода материалов и фурнитуры. На базе информации из конфекционных ведомостей производятся расчеты потребности в материалах и фурнитуре на отдельные заказы или на производственную программу предприятия. Эта же информация может быть использована для формирования заявки на материалы и фурнитуру;

- **«Планирование заказа»** – предназначается для управления раскроем ткани в ходе выполнения заказа и делится на два этапа: планирование раскроя и, при необходимости, расчет кусков. Планирование раскроя решает задачи управления раскладкой и подготовкой данных для расчета кусков. Основные функции исполнителя – ввод информации о заказах с описанием поставок или планов на период, ввод информации о сырье, ввод размерно-цветовой шкалы заказа; формирование актов кроя как частей общей шкалы заказа; привязка материалов модели к артикулам, цветам, рисункам полотна; расчет комплектовок раскладок, и выдача задания на раскладку; предварительный анализ условий выполнения заказа с использованием информации о длинах раскладок;

- **«Расчет кусков»** – решает задачу минимизации отходов при настилании ткани при условии предварительного промера ткани и использования паспортов кусков. И предполагает: выбор кусков для расчета; расчет кусков, получение карт кроя согласно заданным актам кроя и печать карты раскроя.

– **«Календарное планирование»** – предназначается для составления и оперативного изменения графиков загрузки предприятия. Для составления графиков позволяет использовать данные о движении кроя и о сдаче на склад готовой продукции, предоставляемые АРМ «Кладовая кроя» и АРМ «Склад готовой продукции», а также данные об остатках складов по ткани и фурнитуре. Основные функции: ввод информации о заказах на сезон; формирование поставок или планов на период для АРМ «Планирование заказа»; составление предварительного плана загрузки потоков на сезон; составление оперативно-диспетчерских планов на месяц с учетом незавершенного производства; выдача заданий на проработку заказов подготовительному производству; обработка информации, поступающей из кладовой кроя и склада готовой продукции для слежения за движением кроя и сдачей продукции на склад, создание особых графиков рабочего времени для каждого потока. Итоговыми документами являются: календарные графики выдачи расчетов, выдачи кроя, сдачи изделий на склад; производственная программа предприятия; планы работы раскройного и подготовительного цехов; производственная программа для САПР; графики выдачи расчетов и кроя;

– **«Склад сырья»** – предназначается для покусочного учета ткани;

– **«Склад фурнитуры»** – предназначается для учета движения фурнитуры, контроля комплектации заказов и выдачи фурнитуры;

– **«Кладовая кроя»** – предназначается для учета кроя, снимаемого с настила, и выдачи кроя в пошивочные потоки по маршрутным листам. Основные функции: учет прихода кроя в кладовую согласно картам кроя; учет расхода кроя по маршрутным листам и картам;

«Склад готовой продукции» - предназначается для учета сдачи продукции из швейных цехов по маршрутным листам и справкам о переделках брака;

– **«Учет труда сдельщиков»** – предназначается для учета выполнения технологических операций пошива каждым работником. Позволяет быстро и точно рассчитывать сдельную зарплату швей;

– **«Расчет себестоимости»** – предназначается для расчета себестоимости изделий по данным о материальных и трудовых затратах, получаемым процессе расчета ткани и фурнитуры и в процессе нормирования технологической последовательности обработки изделия.

Итак, опыт использования САПР на предприятиях швейной промышленности позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективным и удобным является сочетание нескольких видов прикладных программ в рамках единой информационной среды. Очевидным, например, является преимущество сквозного проектирования изделия, когда на автоматизированных рабочих местах художника, конструктора, технолога и нормировщика есть возможность доступа и использования информации, сформированной на любом этапе разработки изделия.

5 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ САПР ШВЕЙНОЙ ОТРАСЛИ

Сегодня одними из основных направлений развития САПР являются:

- интеграция подсистем САПР в единое информационное пространство с применением CALS-технологии;
- создание экспертных систем.

5.1 Интеграция подсистем САПР в единое информационное пространство

Интеграция подсистем автоматизированного проектирования одежды предполагает универсальность структурирования информации и совместимость специализированных баз данных, наличие единого информационного пространства швейного предприятия. Основой единого информационного пространства является интегрированная база данных, обеспечивающая оперативный отклик всех составляющих её частей на изменения данных, возникающие в процессе производства. Единое информационное пространство обеспечивает важное преимущество: данные, генерируемые в одной из систем, доступны в других системах и изменяются в соответствии с единым алгоритмом.

Взаимосвязь и координация работ производственного процесса возможны только благодаря системе информации, охватывающей как весь процесс, так и его отдельные элементы, способные породить, модифицировать и использовать информацию. Такими генераторами и одновременно потребителями информации являются различные виды работ, специалисты и применяемые ими устройства.

Важным свойством, обеспечивающим функционирование информационной системы, является качество информации, критериями которого являются **актуальность, полнота и точность**. Однако в данной системе возможны перебои информационного потока, связанные с искажением информации. Одной из основных причин искажения информации, снижающей уровень её качества, может быть разная интерпретация данных на нескольких уровнях информационной цепи.

Информационный поток на швейном предприятии начинает формироваться с момента разработки модели конструктором. Конструктором разрабатываются лекала модели, спецификация лекал, табель мер, техническое описание на модель, схемы раскладок лекал. Вся эта информация будет нужна затем на протяжении всего движения модели в производстве. Поэтому очень важным и эффективным является включение в общую информационную сеть предприятия как САПР одежды, так и САПР технологических процессов. Тогда на предприятии полностью исключатся ошибки, связанные с так называемым человеческим фактором. Искажение информации станет маловероятным, так как существует общий взаимосвязанный поток информации, который легко проконтролировать.

Создание подобных **интегрированных систем** – это не дань моде, а назревшая необходимость вывода предприятия на новый, более высокий уровень организации, реализующий идеи информационного общества.

Интегрированная система (ИС) – это система для осуществления организации и планирования всех ресурсов предприятия, которые необходимы для производства, закупок сырья и продажи готовой продукции, учета процесса выполнения портфеля заказов.

В условиях жесткой конкурентной борьбы на рынке товаров успешно существовать и развиваться могут только те предприятия и фирмы, которые способны в кратчайший срок производить и реализовывать высококачественную продукцию. Эффективность работы швейных предприятий в таких условиях во многом определяется созданием и внедрением **ИС** управления, позволяющих обеспечить гибкость технологических процессов подготовки моделей и запуска их в производство [9].

Очень важным моментом является также то, что модули **ИС** не должны быть разрозненными. Это должна быть единая система, обслуживающая все подразделения, цеха и участки предприятия. Комплексная автоматизация принятия решений должна комбинировать управление всеми производственными процессами в рамках единой ИС, которая работает с единой базой данных предприятия. Только такой подход позволяет действительно повысить эффективность организации работы предприятия [10].

Вопросами интеграции информационной среды швейного предприятия сейчас занимаются Рахматуллин А. М., Бондарева М. В., Смирнова О. Н., Субботина Е. В., Рымар Е. В., Черемисина Т. А. В последнее время появились работы, посвященные:

- разработке принципиальной схемы интегрированной базы данных швейного предприятия, которая позволит выполнять взаимодополняющую конструкторско-технологическую подготовку производства (КТПП) единичных и серийных изделий; разработке алгоритма автоматизированной процедуры приема и оформления индивидуального заказа, позволяющего использовать преимущества интегрированной базы данных швейного предприятия [11];
- разработке интегрированной методики процесса автоматизированного проектирования технического эскиза и конструкции модели одежды в соответствии с индивидуальными особенностями внешнего облика потребителей [12];
- разработке модели интегрированной системы автоматизированного проектирования одежды (ИСАПРО) [13];
- разработке универсальной базы данных конструкций и технологии соединений, обеспечивающей непрерывность информационного потока при решении задач технической подготовки швейного производства, включая принципиально новый способ построения лекал на базе информации о конструкции соединений, и программное обеспечение его реализации [14].

Всё это говорит о том, что вопросы интеграции и формирования единого информационного пространства швейного предприятия уже находятся на стадии поэтапного решения. Развитие систем автоматизированного проектирова-

ния в направлении интеграции в единое информационное пространство тесно связано с понятием CALS технологий.

Термин CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support) означает непрерывную информационную поддержку поставок и жизненного цикла продукции [15]. Цель внедрения CALS — минимизация затрат в ходе жизненного цикла изделия, повышение его качества и конкурентоспособности.

Предпосылкой распространения CALS-технологий стала традиционная форма представления результатов интеллектуальной деятельности людей и инструмент их информационного взаимодействия – бумажная документация. Ее созданием были заняты миллионы инженеров, техников, служащих на промышленных предприятиях, в государственных учреждениях, коммерческих структурах.

С появлением компьютеров начали создаваться и широко внедрялись разнообразные средства и системы автоматизации выпуска бумажной документации. Однако к концу XX века стало ясно, что все эти достаточно дорогостоящие средства не оправдывают возлагающихся на них надежд. Основные участники жизненного цикла продукции – заказчики, разработчики, производители, потребители – так и не получили адекватного средства информационного обмена.

При переносе данных из одной автоматизированной системы в другую требуются большие затраты труда и времени для повторной кодировки, что приводит к многочисленным ошибкам. Оказалось, что разные системы «говорят на разных языках» и плохо понимают друг друга. Более того, выяснилось, что бумажная документация и способы представления информации на ней ограничивают возможности использования современных информационных технологий (ИТ). Так, трехмерная модель изделия, создаваемая в современной САПР, вообще не может быть адекватно представлена на бумаге.

С другой стороны, по мере усложнения изделий происходит резкий рост объемов технической документации. При использовании бумажной документации возникают значительные трудности при поиске необходимых сведений, внесении изменений в конструкцию и технологии изготовления изделий. Возникает множество ошибок, на устранение которых затрачивается много времени.

Идея CALS-технологий состоит в отказе от «бумажной среды», в которой осуществляется традиционный документооборот, и переходе к интегрированной информационной среде, охватывающей все стадии жизненного цикла изделия.

Информационная интеграция заключается в том, что **все автоматизированные системы**, применяемые на различных стадиях жизненного цикла, оперируют не с традиционными документами и даже не с их электронными отображениями (например, отсканированными чертежами), а с формализованными информационными моделями, описывающими изделие, технологии его производства и использования.

Благодаря цифровому представлению информации о выпускаемых изделиях и реально-временному доступу к его полному электронному описанию стало возможным:

- создание изделий с заданной стоимостью;
- совпадение значений заявленных технических характеристик продукции и фактически реализуемых в процессе эксплуатации;
- обеспечение стабильного уровня качества продукции;
- выпуск продукции к определенному сроку.

Интегрированная информационная среда представляет собой совокупность распределенных баз данных, в которой действуют единые, стандартные правила хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которую осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками жизненного цикла изделия. При этом однажды созданная информация хранится в интегрированной информационной среде, не дублируется, не требует каких-либо перекодировок в процессе обмена, сохраняет актуальность и целостность.

К настоящему времени CALS-технологии образуют самостоятельное направление в области информационных технологий. Вот некоторые количественные оценки эффективности внедрения CALS в промышленности США:

- прямое сокращение затрат на проектирование – от 10 до 30%;
- сокращение времени разработки изделий – от 40 до 60%;
- сокращение времени вывода новых изделий на рынок – от 25 до 75%;
- сокращение доли брака и объема конструктивных изменений – от 20 до 70%;
- сокращение затрат на подготовку технической документации – до 40%;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30% [16].

CALS-идеологию составляет **набор принципов**, основанный на достижениях информационных технологий:

- представление, обработка, обмен и управление данными в электронном виде;
- многократное использование данных с минимальными изменениями и затратами;
- оптимизация и унификация способов представления, обработки и передачи данных об изделии, процессах, среде;
- интеграция и оптимизация информационного взаимодействия всех участников жизненного цикла изделия.

Для обеспечения информационной интеграции CALS использует стандарты **IGES** и **STEP** в качестве форматов данных. В CALS входят также стандарты электронного обмена данными, электронной технической документации и руководства для усовершенствования процессов.

IGES [ай-джес] – двумерный/трехмерный векторный формат графики, который используется многими CAD-программами. При помощи IGES в CAD можно передавать модели круговых диаграмм, каркасов моделей, поверхностей

любой формы или представления сплошных моделей. Приложения, поддерживающие IGES, включают в себя инженерную графику, аналитические модели и прочие производственные функции.

STEP – (*Standard for Exchange of Product model data* – стандарт обмена данными модели изделия) – совокупность стандартов ISO 10303, используемая в САПР. Позволяет описать весь жизненный цикл изделия, включая технологию изготовления и контроль качества продукции. Является основным конкурентом стандарта **IGES**. В последнее время вытесняет его благодаря более широким возможностям хранения информации.

Таким образом, CALS-технологии являются не модным увлечением, а логическим продолжением идеи автоматизации производства и со временем распространяются все шире.

5.2 Создание экспертных систем

Одним из перспективных направлений развития САПР является их интеллектуализация, которая связана со снижением фактора субъективности при принятии проектных решений. Это направление предполагает создание **экспертных систем**, основанных на базах знаний и алгоритме принятия решений с использованием этих знаний. Для экспертной системы пользователь априори является менее информированным, а система по отношению к пользователю играет роль советчика (эксперта), помогающего принять адекватное проектное решение.

Экспертная система (ЭС) – компьютерная система, способная частично заменить специалиста-эксперта в разрешении проблемной ситуации. Обычно факты в базе знаний описывают те явления, которые являются постоянными для данной предметной области. Характеристики, значения которых зависят от условий конкретной задачи, ЭС получает от пользователя в процессе работы, и сохраняет их в рабочей памяти [17]. Например, в медицинской ЭС факт «У здорового человека 2 ноги» хранится в базе знаний, а факт «У пациента одна нога» – в рабочей памяти.

База знаний ЭС создается при помощи трех групп людей:

- 1) эксперты той проблемной области, к которой относятся задачи, решаемые ЭС;
- 2) инженеры по знаниям, являющиеся специалистами по разработке интеллектуальных информационных систем;
- 3) программисты, осуществляющие реализацию ЭС.

Экспертная система может функционировать в 2-х режимах:

– режим ввода знаний – в этом режиме эксперт с помощью инженера по знаниям посредством редактора базы знаний вводит известные ему сведения о предметной области в базу знаний ЭС;

– режим консультации – пользователь ведет диалог с ЭС, сообщая ей сведения о текущей задаче и получая рекомендации ЭС. Например, на основе сведений о планируемой к изготовлению модели и количестве и составе оборо-

дования в цехах предприятия ЭС предлагает оптимальный вариант организации производства, либо рекомендует отказаться от заказа.

ЭС представляют собой наивысший уровень развития информационных технологий, предполагающий наличие базы знаний, на основании которых система способна интерпретировать данные и принимать решения, обращаясь за «советом» к эксперту, извлекая всю необходимую для оценки правильности принятого решения информацию. В источнике [18] приведен пример использования экспертной системы в швейной промышленности.

6 ПРОБЛЕМА ВЫБОРА САПР ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ШВЕЙНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Сегодня на отечественном рынке представлено большое количество разнообразных САПР, которые отличаются объемом и качеством выполнения разных этапов конструкторской и технологической подготовки производства одежды, надежностью, производительностью, комплектом оборудования, ценой, совместимостью с другими системами и т. п.

Руководство любого предприятия легкой промышленности, независимо от его мощности (малого, среднего или большого), рано или поздно сталкивается с необходимостью автоматизации производства.

Однако до настоящего времени распространенным является мнение о том, что для внедрения САПР на предприятии достаточно установить компьютеры и приобрести программы. Любая реорганизация на предприятии преследует вполне конкретную цель: увеличить прибыль и получить определенные конкурентные преимущества. Что следует ожидать и от САПР. Для успешного внедрения САПР необходимо желание руководителей предприятий автоматизировать процесс проектирования, а также осознание того, что проект стоит немалых денег и не дает немедленной отдачи.

В период внедрения любой системы производительность труда проектировщиков уменьшается, зато впоследствии сроки проектирования снижаются в 2–3 раза. Но, к сожалению, далеко не все руководители готовы «жертвовать» этим временем и ждут мгновенного эффекта, а через неделю после установки программ начинают «теребить» своих специалистов и требовать результаты. Совсем другое дело, когда на предприятие приходит человек, владеющий САПР. Такому специалисту необходимо сравнительно небольшое количество времени для того, чтобы ознакомиться с конкретным программным продуктом, который стоит на предприятии. Поэтому изучив одну программу, вам будет легче понять остальные.

Возникает проблема выбора САПР для условий конкретного производства, поэтому необходимо определить основные **критерии**, по которым можно принять решение о приобретении той или иной системы.

Цена. Известно, что САПР представляет собой набор разных видов обеспечения, наиболее дорогими из которых являются техническое обеспечение

(персональный компьютер и набор периферийных устройств) и программное обеспечение. При этом цена программы иногда превышает цену оборудования (плоттеров, дигитайзеров и другой специализированной техники). САПР не может стоить дешево, но основным в данном случае является разумное соотношение цены и качества.

Большинство фирм предлагают не только собственный программный продукт, но и осуществляют подбор и отладку всего необходимого оборудования известных фирм MUTOH (Япония), ALGOTEX (Италия), Hewlett Packard (США), CALCOMP и др. Такие фирмы как Gerber, Lectra systems являются производителями периферийного оборудования для легкой промышленности, но и другие фирмы предложат не менее удачный вариант за привлекательную цену.

Стоимость владения. При ценовом анализе потенциальные покупатели рассматривают, как правило, только первоначальную цену системы, зачастую не учитывая текущих затрат на эксплуатацию, которые для многих САПР значительно превышают ее стоимость. Например, для *параметрических систем проектирования лекал стоимость владения в несколько раз меньше* за счет экономии на зарплате персонала (исключение процесса градации), меньшего количества рабочих мест и соответственно стоимости содержания и эксплуатации помещений.

Скорость работы САПР, ее производительность и эффективность. Система должна автоматизировать работу, то есть выполнять операции как минимум вдвое быстрее, чем это делается вручную. Это достигается в том случае, если она имеет дружелюбный интерфейс, широкий набор команд, и в то же время не противоречит традиционным подходам к проектированию.

Большинство российских систем рассчитаны на автоматизацию небольших предприятий, что связано с особенностью рыночной системы этой страны. Наблюдается тенденция возникновения большого количества малых предприятий, руководители которых не имеют возможности закупить сразу весь пакет программ, который предлагает фирма-разработчик. Поэтому очень удобно приобрести определенные модули САПР в зависимости от потребностей данного предприятия.

Совместимость с другими САПР и периферийным оборудованием. Возможность считывания данных из других САПР и отправлять файлы по Интернету – очень важное свойство современных САПР. Для передачи информации о лекалах из одной системы в другую в электронном виде существует специальная программа–конвертер. Часто программа-конвертер используется для копирования отдельных моделей из общей базы моделей, например, для передачи модели на электронном носителе. У каждой системы есть свой рабочий формат, это как интеллектуальная собственность разработчика программы. Также в каждой системе есть промежуточный формат, общий для всех – формат .dxf.

Существуют автоматизированные системы управления предприятием, бухгалтерские, расчетные, складские и другие программы. Практически всем им необходима информация о выпускаемых изделиях. Следовательно, САПР

должна уметь "встраиваться" в уже существующие и будущие технологические цепочки. Для этого, как минимум, необходим экспорт данных в форматы, которые будут "понятны" другим программам. Отсутствие такой возможности не позволит расширить круг решаемых задач. Так, например, до недавнего времени САПР «Гербер» работала только на своих плоттерах. Сегодня Гербер уже подключает и любое оборудование других производителей.

Легкость в освоении и доступность. Любая, даже самая простая и удобная САПР – это весьма сложная и многофункциональная программа. Самостоятельное изучение ее возможностей и принципов работы займет достаточно много времени, но, несмотря на это, значительная их часть все равно останется "за кадром". Аксиома, проверенная временем и опытом работы сотен предприятий, состоит в том, что покупка САПР без возможности пройти обучение и получить квалифицированную и оперативную техническую поддержку - это выбрасывание денег на ветер.

Фирма, которая уважает клиента, сопровождает весь процесс установки САПР: отладку периферийного оборудования, обучение специалистов предприятия и сервисное обслуживание. Обычно при установке САПР на предприятии вместе с системой поставляется инструкция для работы в САПР. Языковая проблема также существует, так как не все заграничные системы имеют русскоязычную версию.

Гибкость – способность быстро адаптироваться к изменяющимся условиям производства и быть доступными для специалистов различного уровня квалификации.

Уровень интеллектуализации (базы знаний, интеллектуальный интерфейс, оптимизация процедур и маршрута проектирования и т. п.). Например, многие САПР предлагают уникальную интеллектуальную систему, позволяющую уменьшить трудоёмкость и продолжительность разработки лекал, сведя работу пользователя до выбора проектных решений. Однако такой подход чреват полной зависимостью пользователя от системы и невозможностью создать нечто, выходящее за рамки предложенного. Выражаясь образно, интеллектуальные способности пользователя на сегодняшний день могут быть дополнены интеллектуальными способностями системы, вопрос лишь в соотношении.

САПР одежды должна обеспечивать проектирование комплекта лекал для самой сложной модели любого ассортимента не более, чем за 1 час, а рабочих лекал на все типоразмеры – не более, чем за 1 смену.

В связи с ощутимыми преимуществами компьютерных технологий и доступностью компьютеров темпы их освоения неуклонно растут. В области проектирования и производства одежды сейчас уже все понимают, что без компьютерных технологий невозможно быть конкурентоспособным. Понимают это и поставщики компьютерных технологий, или САПР. Они также активизируют свою деятельность.

Поставщиков САПР одежды можно разделить на две группы:

- 1) отечественные разработчики САПР;
- 2) дистрибьюторы, продавцы зарубежных САПР.

Раньше отечественные САПР в швейной промышленности не могли конкурировать с зарубежными, поскольку последние были оснащены более совершенными компьютерами, дигитайзерами, плоттерами и АРУ. Сейчас, когда есть возможность приобрести любое оборудование, на первый план выходит программное обеспечение. А в этой области отечественные программисты завоевали хорошие позиции в мире. Отечественные разработчики развивают и совершенствуют системы с учетом особенностей производства.

Дистрибьюторы же сосредоточили свои усилия на продаже, на рекламе. При этом реклама часто бывает очень искусной, создает весьма привлекательный образ продаваемой САПР, не всегда соответствующий действительности. Поэтому руководству предприятия, решившему приобрести САПР, бывает очень сложно разобраться в реальных преимуществах и недостатках той или иной системы.

Между тем правильный выбор системы автоматизации имеет для предприятия большое значение и во многом определяет его будущее.

Одна система позволит решить стоящие задачи, поднять организацию производства на качественно новый уровень, обеспечить конкурентоспособность и процветание. Другая – не только не решит накопившихся проблем, но и добавит новых. Будут потеряны время и деньги. Ниже представлены ответы на некоторые вопросы, возникающие у тех, кто готовится к закупке САПР.

Кто должен выбирать САПР?

В одних случаях выбирает Руководство предприятия. В других случаях выбирают Специалисты, которым предстоит на ней работать. В третьем случае выбрать систему поручают наиболее разбирающимся в компьютерах и программных продуктах Программистам, системным администраторам.

Во всех этих вариантах выбора присутствует в значительной мере субъективизм и волюнтаризм. Для достижения объективности в выборе системы должны принимать все эти категории специалистов, оценивать со своей стороны.

Программисты оценивают интерфейс системы, глубину проработки вопросов надежности хранения информации, администрирования и восстановления системы после замены Window's компьютеров, оказания оперативной помощи специалистам.

Специалисты оценивают уровень автоматизации решения задач, удобство работы в системе. Руководство проводит всестороннюю оценку – уровень решения отдельных задач, степень взаимосвязи между отдельными этапами подготовки, комплексность решения задач – Планирование ассортимента изделий, Конструкторская подготовка и Технология изготовления, План выпуска, Диспетчеризация, Учет материалов и готовой продукции, Определение динамики производства и реализации продукции.

Как надо выбирать САПР?

Во-первых, следует подготовить программу проведения эксперимента с учетом своей специфики. Составить перечень подлежащих автоматизации процессов, определить степень их важности и критерии эффективности. Не следует

забывать, что конструкторской подготовкой автоматизация проектирования и производства не заканчивается. Очень важным этапом, в значительной степени определяющим эффективность производства, является разработка раскладок лекал. Именно с автоматизации этого процесса начинали первые САПР. Плохая программа разработки раскладок лекал может обесценить все плюсы программы конструирования одежды. Поэтому при рассмотрении системы необходимо анализировать не только этап конструирования, но и составления раскладок лекал. При этом нужно иметь в виду и перспективы развития, т.е. если в данный период предприятие еще не готово внедрить, например, компьютерные технологии на складе, такая необходимость возникнет через некоторое время. При этом наибольшая эффективность достигается, если все этапы связаны между собой в рамках одной системы и выходные параметры одной подсистемы автоматически становятся входными для другой. Самым рациональным является поэтапное приобретение и освоение подсистем одной интегрированной САПР проектирования одежды.

Во-вторых, необходимо пригласить на предприятие представителей поставщика для проведения эксперимента. Прodelать при участии специалистов предприятия и поставщика все подлежащие автоматизации процессы проектирования, изготовления, подготовки производства, учета, планирования и управления. Обязательно вывести на печать результаты решения задач. Провести оценку уровня автоматизации отдельных процессов, их взаимосвязи между собой и системы в целом. При этом очень важно, чтобы результаты эксперимента оценивали совместно руководство и специалисты предприятия, т.к. ответы на вопрос "всегда ли совпадают интересы производства, руководства и трудящихся", бывают разные – от "не всегда" до "никогда".

Проведя эксперимент на одной системе, даже при благоприятном впечатлении от нее, не мешает повторить эксперимент на другой системе и сравнить результаты. Будет полная и достоверная информация для принятия правильного решения. Опыт показывает, что, если ознакомление начинают с более совершенной системы, экономится значительное количество времени и сил. Время, потраченное на подготовку и проведение эксперимента, окупается стoriцей.

Какие ситуации представляют опасность?

Приведем наиболее часто используемые приемы, когда на основании, в общем-то, верных утверждений делаются односторонние "нужные" выводы.

1. *Конструкторов готовят плохо, практику им проходить негде, пока они научатся работать, пройдет много времени. У нас интеллектуальная система, в ней накоплен большой опыт, построены по разным методикам сотни базовых конструкций (БК), из которых конструкторы начинают сразу строить модельные конструкции (МК).*

На самом деле в большинстве своем это не интеллектуальные системы, а просто системы с ограниченным доступом к параметрам проектирования. Есть заготовки, из которых можно строить изделия. Работа выполняется по принципу: что-то взял, что-то сделал, как-то система проградиrowала, что-то получил.

Так можно создавать "ширпотреб". И создают. Это все равно, что из набора "пазлов" складывать разные картинки, но для того, чтобы создать настоящую картину, шедевр, придется потратить несравненно больше времени и сил, постоянно подтачивая, подправляя, переделывая под свои цели стандартные заготовки. Если руководитель ставит перед собой задачу производства "ширпотреба", то он ее и решит. Если же руководитель ставит перед собой задачу организовать гибкое производство оригинальных изделий, гарантировать качество во всех размерах и ростах, в том числе и на конкретные фигуры, быстро реагировать на изменения свойств материалов, технологии изготовления, направлений моды, то с применением закрытых систем такую задачу он не решит. В закрытой системе конструктор для того, чтобы сделать то, что он хочет и так, как он хочет, должен прилагать значительно больше усилий, чем в открытой системе с полным доступом к параметрам проектирования.

Открытая система предоставляет конструктору неограниченные возможности. Он может творить, строить оригинальные изделия, по любой, в том числе и собственной, методике, реализовать интеллектуальные процессы, гарантировать качество изделий во всех размерах и ростах, строить на индивидуальные фигуры и различные размерные типологии. При этом всю творческую работу выполняет конструктор, а всю рутинную работу быстро и точно выполняет система.

2. *Опытные пожилые конструкторы неохотно и трудно осваивают компьютер. Лучше сразу начинать работу по компьютерным технологиям с молодыми специалистами.*

Молодежь действительно быстрее осваивает приемы работы на компьютере. Но не это главное. В открытой системе, где приемы работы естественны и логичны, впервые работающий на компьютере специалист осваивает компьютерную технологию за несколько дней. Суть состоит в том, что система - это инструмент для конструктора. Она должна помогать ему, но не ограничивать возможности. Опытный творческий конструктор быстро сообразит, что закрытая система ему плохой помощник. А молодой конструктор будет рад работать на любой системе. У него нет опыта, не с чем сравнивать. А пока он разберется, что к чему, пройдет немало времени.

Значительным преимуществом открытой системы является еще и то, что она позволяет формализовать, накапливать и передавать знания и навыки опытного специалиста молодым, т.к. весь процесс создания новых моделей записывается и остается в компьютере. Его можно не только последовательно просмотреть на экране, но параллельно читать последовательность и содержание всех производимых действий, а также распечатать, как методическое руководство. В самых критических случаях, если заслуженный конструктор не хочет работать за компьютером, можно создать тандем из опытного конструктора и молодого специалиста, который будет оператором САПР, усваивая опыт и обогащая им систему.

А теперь представим, в какое положение попадает руководитель, заменяя творческого опытного конструктора на молодого неопытного с примитивным инструментом для работы на компьютере.

3. *Где лучше всего узнать о недостатках системы? Конечно у конкурентов. Мы Вам покажем эти недостатки, но Вы им не говорите...*

На первый взгляд все правильно и убедительно. Обычно человек этому верит. О недостатках других систем можно слушать конкурентов, но, естественно, все обязательно нужно проверить. А вот о достоинствах систем узнавать у конкурентов - это просто нонсенс.

4. *Сравнить системы очень просто: берем изделие, строим на разных системах в базовом размере, выполняем размножение лекал по размерам. Кто быстрее сделает, та система и лучше.*

При этом часто берут готовую похожую БК или МК, система подставит примерные нормы градации, и выдаст множество лекал во всех размерах. Это все можно проделать и за 5 минут. А чтобы разобраться, что в итоге получили, как лекала сопрягаются в разных размерах, как будет сидеть изделие в разных размерах и соответствовать им, не хватит и нескольких дней. Задачу конструкторской подготовки надо поставить четко и полно: построить конструкцию изделия в базовом размере; измерить величину фактической посадки по участкам оката, проверить, как можно ее изменить (например, при изменении свойств материала); построить все необходимые лекала (верха, подкладки, прокладок), проверить и откорректировать сопряжения лекал; отшить образец и внести необходимые уточнения после примерки (или разобраться, как это можно сделать, если в данном случае уточнений не потребовалось); построить лекала нужных размеров, ростов и полнот; проверить сопряжения лекал во всех размерах, создать таблицу мер и спецификацию, построить лекала на индивидуальные фигуры, а если надо, перестроить и на другие типологии населения, например, на немцев, американцев, азиатов.

5. *Тестирование.*

Сейчас большое распространение получило проведение семинаров на базе поставщика. В процессе демонстрации возможностей системы слушателей разделяют на тех, кто верит, и тех, кто проверит. Отбирают "перспективных". Есть еще такой способ. Руководителю предприятия сообщают: *"Прежде, чем продать Вам систему, мы должны провести тестирование Ваших специалистов"*. Приглашают специалиста на фирму, рассказывают, показывают. Если специалист со всем соглашается, ему говорят: *"Молодец, умница, Вас ждет еще и вознаграждение..."*. А если специалист начинает высказывать несогласие, ему говорят: *"Жаль, Вы не подходите, не сможете работать на этой системе"*. А руководителю предлагают прислать другого специалиста [19].

Таким образом, к выбору САПР нужно подходить со всей серьезностью, ответы на вопросы: кто, как и зачем будет выбирать, позволят глубже разобраться в ситуации выбора и предпринять необходимые шаги, предотвращающие ошибку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольфрам, Стивен. Распутывая историю Ады Лавлейс. – Режим доступа : <https://habr.com/company/wolfram>.
2. Паршин, П. Электронная энциклопедия «Кругосвет» / П. Паршин Алан Мэтисон, Тьюринг. – Режим доступа : http://www.krugosvet.ru/enc/gumanitarnye_nauki/lingvistika/TYURING_ALAN_MATISON.html
3. Сысойкина, М. Первая леди программирования / ООО «Издательство «Открытые системы» : Электронная версия журнала «Мир ПК». – №1 2 – 2006. – Режим доступа : <https://www.osp.ru/pcworld/2006/12/4064432/>
4. Михайлов, А. Как и когда появился на свет AutoCAD / САПР для инженера: блог А. Михайлова, май 2017. – Режим доступа : <https://mikhailov-andrey-s.blogspot.com/2017/05/istoriya-autocad.html>
5. ГОСТ 23501.101–87. Системы автоматизированного проектирования. Основные положения.
6. ГОСТ 22487–77. Проектирование автоматизированное. Термины и определения.
7. Международные стандарты обмена данными : электронное учебное пособие. – Санкт-Петербург : СПбГУАП, 2011. – Режим доступа : http://www.salogistics.ru/students/suai_2011
8. Дёмин, А. Ю. Компьютерная графика: электронное учебное пособие / А. Ю. Дёмин, А. В. Кудинов. – Томск : Томский политехнический университет, 2005. – 267 с.
9. Карпова, Т. С. Базы данных: модели, разработка, реализация : учебное пособие / Т. С. Карпова. — Санкт-Петербург : Питер, 2001. – 304 с. ; ил.
10. Виткин, М. П. О совершенствовании информационного обеспечения программ развития региональной экономики / М. П. Виткин, Н. В. Зарубина // Регион: управление и информатизация. – Кемерово : Кузбассвузиздат, 2005. – С.15–17.
11. Рымар, Е. В. Автоматизация проектирования этапа подготовки единичного производства на предприятиях швейной промышленности : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук спец. 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования» / Е. В. Рымар. – Омск : Омский государственный институт сервиса, 2009. – 19 с.
12. Черемисина, Т. А. Разработка метода интеграции эскизного проекта модели одежды с базой данных для разработки её конструкции : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / Т. А. Черемисина. – Москва : МГУДТ, 2008. – 23 с.
13. Подшивалова, А. В. Совершенствование автоматизированного проектирования одежды на основе интеллектуализации процесса конфекционирования материалов : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / А. В.

Подшивалова. – Владивосток : Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, 2011. – 26 с.

14. Рахматуллин, А. М. Разработка технологии информационного обеспечения технической подготовки швейного производства : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук спец. 05.19.04 «Технология швейных изделий» / А. М. Рахматуллин. – Москва : ГОУ ВПО Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности, 2003. – 25 с.

15. Мокиева, Н. С. Использование CALS-технологий для оперативного управления технологическим процессом на производственной стадии / Н. С. Мокиева, С. В. Яковлева, И. В. Романенко // Швейная промышленность. – № 4. – 2004.

16. Информационные технологии в экономике и управлении : учебник для академического бакалавриата / В. В. Трофимов [и др.] ; под ред. В. В. Трофимова. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Издательство «Юрайт», 2018. – 482 с.

17. Гаврилова, Т. А. Базы знаний интеллектуальных систем : базовый курс для студентов высших учебных заведений / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. – Санкт-Петербург : Питер, 2000. – 384 с.

18. Королева, Л. А., Подшивалова, А. В., Номоконова Н. Н. О концепции интегрированной САПР одежды на основе принципов интеллектуализации / Л. А. Королева, А. В. Подшивалова, Н. Н. Номоконова // Швейная промышленность. – № 4. – 2012.

19. Булатова, Е. Б. Критерии выбора САПР / Е. Б. Булатова // Швейная промышленность. – № 5. – 2005.

Учебное издание

Панкевич Дарья Константиновна

Бодяло Наталья Николаевна

САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Конспект лекций

Редактор *Н. В. Медведева*

Корректор *Н. В. Медведева*

Компьютерная верстка *Н. В. Карпова*

Подписано к печати 24.10.2018. Формат 60x90 1/16. Усл. печ. листов 3,4.

Уч.-изд. листов 3,6. Тираж 70 экз. Заказ № 305.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля.2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.