

УДК 685.1

**ВОЛКОВ В.П.**, д.т.н., проф., ХНАДУ  
**ГИЛЬМУТДИНОВ Ш.А.**, інженер, НПИ

## **МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА АВТОМОБИЛЯ**

Розглядається питання вибору методу ухвалення конструкторсько-технологічних рішень при організації автоматизованого проектування технологічних процесів ремонту вузлів і агрегатів автомобіля.

**Введение.** Системная методология принятия конструкторско-технологических решений при организации автоматизированного проектирования (ОАП) в условиях интегрированного информационного пространства об объектах производства (ОП) и производственной среде (ПС) является актуальной. Этому свидетельствует интенсивное развитие компьютерных технологий в сфере моделирования, изготовления и эксплуатации средств автомобильного транспорта.

Коммерциализация производственной инфраструктуры, ориентированной на снижение затратной составляющей в технологической подготовке большинства автопредприятий, требует интенсификации работ в области ОАП при создании компонента системы автоматизации проектирования технологических процессов (САПР ТП) ремонта, являющихся неотъемлемым инструментарием на этапе эксплуатации автомобиля. Состав и структура видов обеспечений САПР ТП ремонта автомобиля зависит от методов принятия конструкторско-технологических решений и уровня экономической целесообразности достигаемого результата. Являясь ресурсной составляющей, при создании, функционировании и развитии САПР ТП ремонта узлов и агрегатов автомобиля, виды обеспечений образуют совокупности проектных процедур предназначенные для решения методических, организационных, информационных, математических, программных и технических задач.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Анализ существующих работ свидетельствует о масштабности исследований в области автоматизации проектирования технологических процессов (АПТП). Для выработки стратегии исследований при ОАП технологических процессов ремонта автомобилей требуется анализ закономерностей, взаимосвязей и методик проектирования.

Установленные на базе конкретной производственной ситуации и проявляющихся при определённых условиях закономерности и взаимосвязи между характеристиками объектов производства (ОП) и производственной среды (ПС) являются отражением влияния объективных и субъективных факторов на производственный процесс.

Методики автоматизации проектирования, приведенные в [1,3,4,5,6,9,10] основаны на методах ситуационного моделирования, распознавания образов и их количественной оценки, расчётно-аналитическом методе с многопараметрической оптимизацией и на методе формализованного проектирования, которые включают в себя следующие проектные процедуры:

- установление соотношений между исходной ситуацией и заданной целью;
- установление множества конструктивно-технологических контуров изделия на заданном технологическом базисе;
- распознавание ОП и количественная оценка его сложности;

- формирование оптимального процесса изготовления заданного ОП;
- формирование плана обработки ОП;
- определение расчётно-аналитических норм времени и режимов обработки;
- направленный поиск и принятие решений;
- документирование принятых решений.

Анализ методик проектирования в работах по АПТП позволил выделить широкий класс решаемых организационных, конструкторских, технологических и управленческих задач, которыми являются:

- диспетчеризация производства;
- моделирование процессов производства;
- синтез информационных моделей;
- создание языка формализованного описания технологических операций;
- разработки технологических процессов изготовления изделий различных классов и обработки различных видов поверхностей.

Обобщённый анализ публикаций по АПТП показал многообразие методик проектирования при решении конструкторско-технологических задач, что потребовало детального исследования методик проектирования и выработать критерии оценки по следующим классификационным признакам:

- по строению процесса проектирования;
- по функциональному назначению процесса проектирования;
- по принципу генерации решений;
- по стратегии проектирования;
- по цели проектирования.

Анализ последних достижений и публикаций в области АПТП и особенностей конструкции позволил сформулировать целевые задачи при создании САПР ТП ремонта узлов и агрегатов автомобиля, каковыми являются:

- определение области допустимых решений в пространстве решений;
- создание моделей объектов и процессов на всех стадиях проектирования;
- проектирование оптимальных технологических процессов, операций и переходов;
- минимизация технологической себестоимости ремонтных работ.

Анализ проектных процедур на различных стадиях и уровнях процессов проектирования в зависимости от целей проектной задачи, класса ОП и производственной ситуации позволил выделить наиболее приемлемые методы принятия конструкторско-технологических решений при ОАП технологических процессов ремонта автомобилей, каковыми являются:

- принятие решений на базе объектов-аналогов;
- синтез решений из элементарных типовых;
- принятие решений на базе комплексных объектов.

**Цель и постановка задачи.** Целью является постановка задач исследования объектов производства и производственной среды при ОАП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобилей. С позиций построения, функционирования и развития САПР ТП имеет системные компоненты, в качестве которых следует понимать:

- виды обеспечений САПР ТП, адаптированных к ОП и ПС;
- библиотеки проектных процедур ориентированные на виды ремонтных работ конструктивных элементов автомобиля;

- системи управління базами даних (СУБД) общего и специального назначения.

Интегрированная информационная среда как инструмент материально-технического обеспечения изделия на всех этапах «жизненного цикла» играет неограничиваемую роль в поддержании работоспособности и долговечности автомобилей, а следовательно разработка системных компонент должна выполняться с позиций строения, функционирования и развития.

Вопрос строения, функционирования и развития системных компонент САПР ТП ремонта узлов и агрегатов автомобиля в данной статье затрагивается концептуально, а основное внимание уделено методам принятия конструкторско-технологических решений и выявления закономерностей предопределения и следования, являющихся научной базой при разработке проектных процедур для решения прикладных задач.

Разработка информационных, математических, программных и технических видов обеспечений САПР ТП, адаптированных к ОП и ПС также требует дополнительных исследований и применения инструментальных методов выявления закономерностей таких как: методы информационного моделирования объектов, процессов и систем, а также методик накопления и статистической обработки информации, методов экспертных оценок и прогнозирования в развитии системных компонент.

**Решение задачи.** В качестве основных объектов исследований в данной статье являются методы принятия решений, базирующиеся на закономерностях предопределения и следования событий в реальной производственной ситуации, и которые служат основной системной компонентой для выработки стратегии при ОП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобиля в условиях интегрированной информационной среды.

На рис. 1. изображена классификационная схема методик проектирования при ОП технологических процессов, разработанная при исследовании МПР и моделировании объектов изготовления и производственных процессов.

Под событиями в реальной производственной ситуации понимается реализация бинарных и многополярных отношений между ОП и ПС в соответствии с технологическим алгоритмом, заложенным и осуществляемым в процессе ремонта. В результате проведенного анализа сформулированы характеристики проектной задачи при разработке системных компонент принятия решений на заданном технологическом базисе, которые определяют:

- уровень детализации проектной задачи;
- область применения проектных решений;
- атрибуты, с помощью которых осуществляется решение проектной задачи;
- технология принятия решения;
- условия применимости решений.

Логическая завершенность процесса проектирования определяется соответствием принятого решения целям проектирования. Достаточным условием завершенности процесса проектирования является пригодность принятого решения к дальнейшему применению. В качестве объектов проектирования выступают: технические системы и их элементы [7], автоматизированные системы и системы управления [3], технологические процессы изготовления и ремонта ОП [2], виды обеспечений САПР ТП [8, 9].

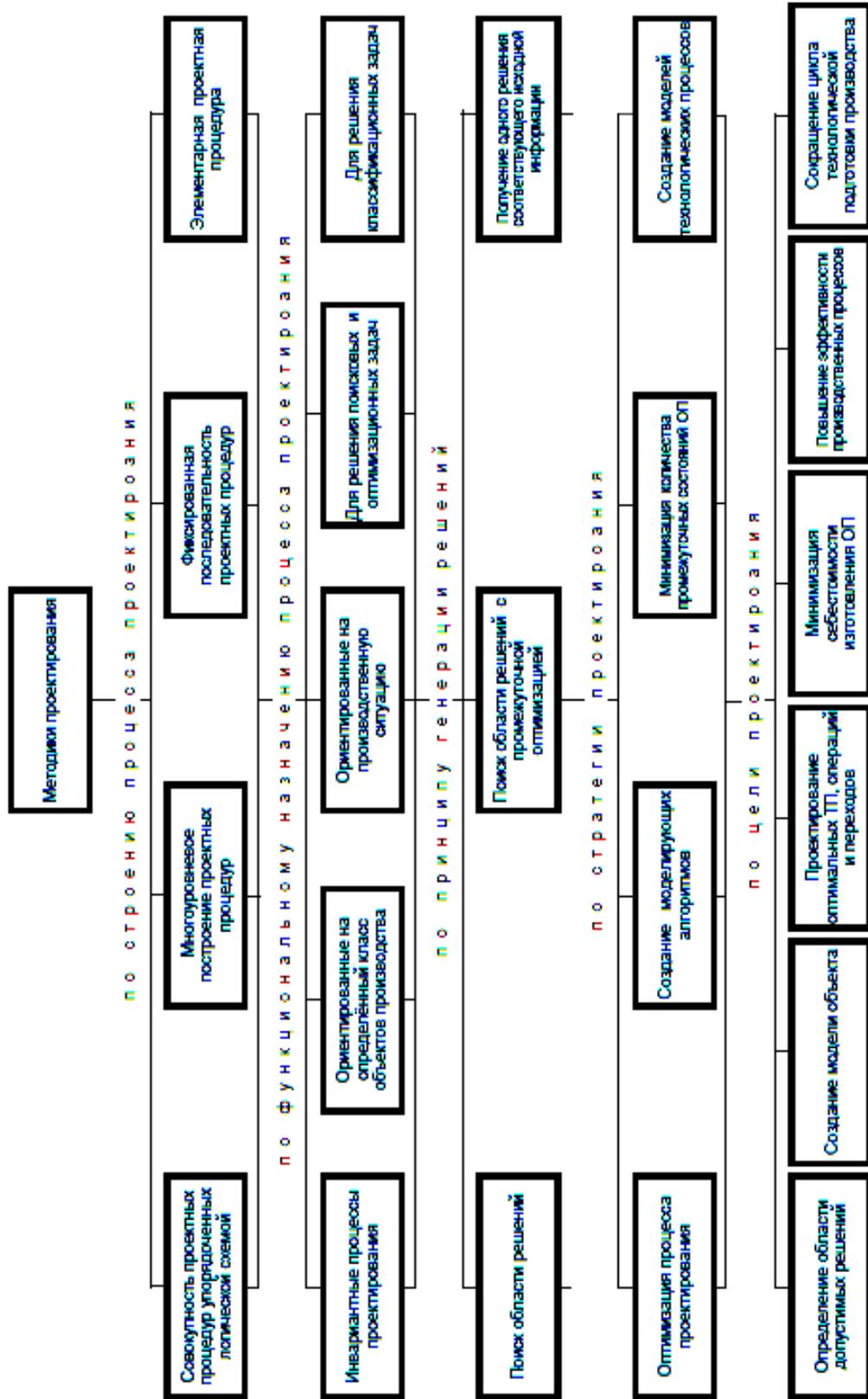


Рисунок 1 - Классификационная схема методик проектирования при ОАП технологических процессов

Классификация методик проектирования при ОАП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобиля позволила выделить два уровня детализации проектной задачи: комплекс проектных процедур, охватывающих все стадии формирования проектного решения упорядоченных логической схемой, отдельные проектные процедуры и операции.

В качестве наиболее приемлемых МПР при ОАП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобиля, исходя из конструктивных, структурных и функциональных характеристик установлены методы проектирования ТП на базе:

- объектов - аналогов;
- объектов синтезированных из элементарных типовых;
- комплексных объектов.

В качестве объектов разработки и исследования при реализации МПР на базе аналогов выступают: объекты-аналоги, их информационные модели, структура, способы хранения и представления данных в интегрированной информационной среде. Атрибутами метода являются единая информационная среда, в виде совокупности реальных ОП и ПС, библиотека аналогов и производственных объектов. Преобразование объектов-аналогов в ТП ремонта реальных объектов осуществляется совокупностью проектных процедур упорядоченных логической схемой в виде функционала целевой задачи;

$$ТПА = F(PO(A \sim P), П1, П2, \dots, Пn), \quad (1)$$

где:  $PO(A \sim P)$  – формализованное представление логической операции;

$П1, П2, \dots, Пn$  – подмножество проектных процедур.

Функциональная схема проектирования ТП на базе аналогов представлен на рис. 2.

Для реализации МПР на базе элементарных типовых в качестве атрибутов метода выступают: множество типовых элементов, комплектующие изделия, объекты ПС и технологические справочники оборудования и средств оснащения.

Технология принятия решений с применением МПР на базе типовых характеризуется большим объёмом подготовительных работ по созданию атрибутов, с помощью которых осуществляется решение проектной задачи.

Проектные процедуры метода ориентированы на решение задачи синтеза объектов из элементарных типовых по специальному алгоритму, основой которого являются закономерности, характеризующие выбранную конструкцию.

Процедуры проектирования ТП на базе элементарных типовых элементов пошагово решают задачи: синтеза технологического объекта и маршрутного ряда операций по его обработке или ремонту с последующим содержательным насыщением.

Функционал целевой задачи применительно к рассматриваемому методу можно записать в виде:

$$ТПТ = F(PO(\sum Ti).П1, П2, \dots, Пn), \quad (2)$$

где  $PO(\sum Ti)$  – формализованное представление маршрутного ряда операций;

$П1, П2, \dots, Пn$  – подмножество проектных процедур.

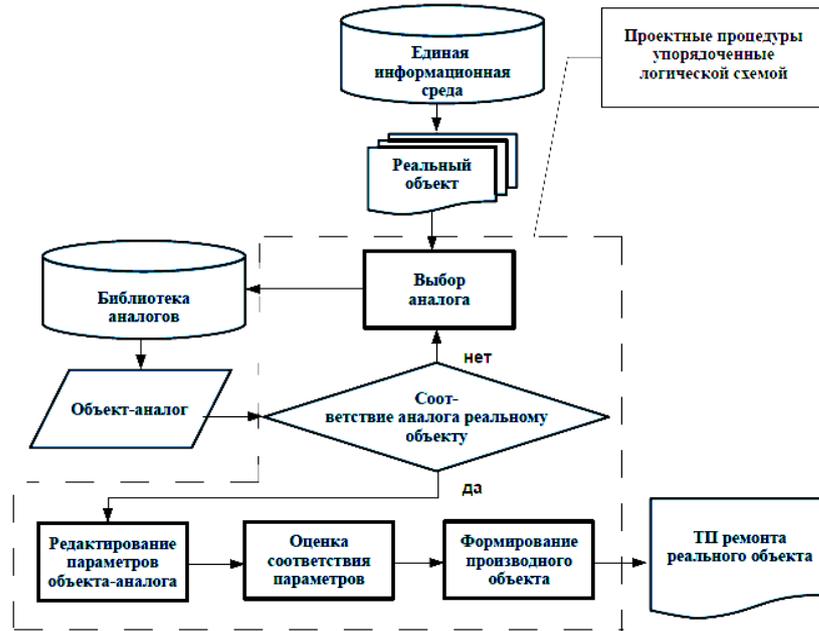


Рисунок 2 - Функциональная схема проектирования ТП на базе аналогов.

Функциональная схема проектирования ТП на базе элементарных типовых элементов приведена на рис. 3.

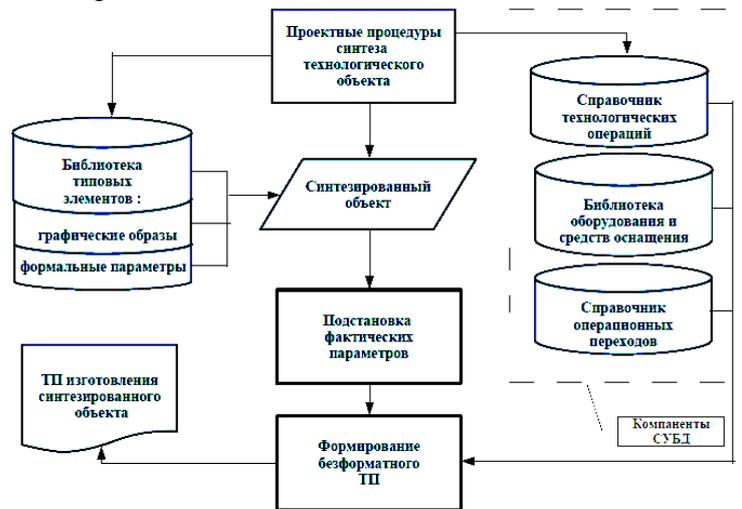


Рисунок 3 - Функциональная схема проектирования ТП на базе элементарных типовых элементов

Развитие метода без ущерба для функциональности осуществляется путём увеличения объёмов нормативно-справочной информации (НСИ) с одновременной поддержкой функций по управляемости компонентами СУБД применяемой в приделах действующего информационного пространства.

Развитие функциональности метода в сложившейся информационной инфраструктуре достигается разработкой новых методов синтеза технологических объектов и расширением номенклатуры библиотеки типовых элементов.

Основным атрибутом метода проектирования ТП на базе комплексных объектов является библиотека технологических классов, компонентами которой служат комплексные детали и ТП ремонта узлов и агрегатов автомобилей специально разработанные технологами предприятий автомобильного транспорта.

Комплексный ТП, как компонент метода представляет собой списочную структуру, в состав которой входят последовательности операций и переходов сгруппированные по технологическому признаку в соответствии с маршрутом обработки или ремонта деталей, узлов и агрегатов автомобиля. Любой группе технологических операций комплексного ТП соответствует код конструктивного элемента, каковыми для детали являются элементарная поверхность или комплекс обрабатываемых поверхностей, а для узла или агрегата это – технологические или конструктивные сборочные единицы (СЕ). Технология метода проектирования ТП на базе комплексных объектов состоит в формировании кодовых последовательностей, в пределах выбранного технологического класса, и групповых рядов технологических операций из состава комплексного ТП.

Функционал целевой задачи применительно к данному методу проектирования ТП можно представить в виде:

$$ТПК = F(KO1, KO2, \dots, KO_n), \quad (3)$$

где  $(KO1, KO2, \dots, KO_n)$  – последовательность кодовых комбинаций технологических операций комплексного ТП.

Функциональная схема проектирования ТП на базе комплексных объектов приведена на рис. 4. Процедура выбора технологического класса из библиотеки осуществляется в интерактивном режиме по специально разработанному сценарию, ориентированному и учитывающему особенности ОП и ПС, представленные в виде значений классификационных признаков объединяющие детали, узлы и агрегаты в группы, именуемые комплексными объектами.

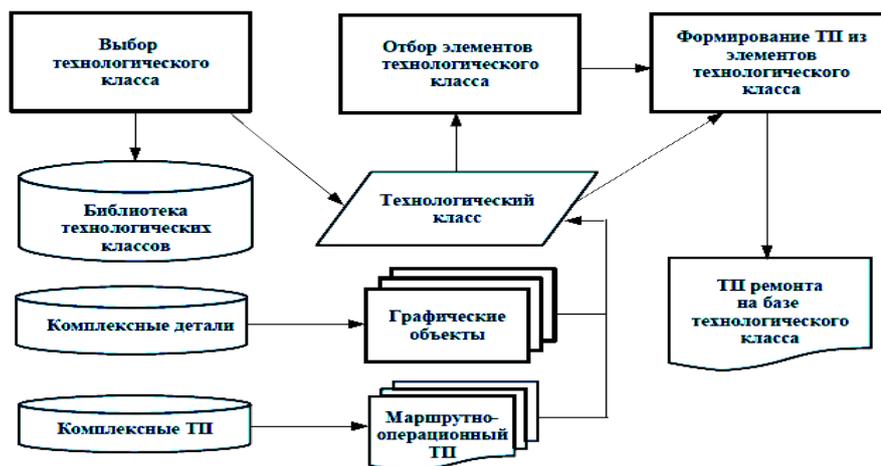


Рисунок 4 - Функциональная схема проектирования ТП на базе комплексных объектов

## Выводы

1. Анализ публикаций в области АПТП свидетельствует о масштабности исследований проводимых при ОАП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобиля.
2. Разработка системной методологии принятия конструкторско-технологических решений при ОАП технологических процессов ремонта узлов и агрегатов автомобиля в условиях интегрированного информационного пространства является основополагающей концепцией при создании видов обеспечений САПР технологических процессов.
3. Развитие САПР ТП просматривается как процесс применения методов автоматизированного проектирования к обновляемому подмножеству классов исследуемых объектов посредством разработки функциональных компонент видов обеспечений САПР и проектных процедур, инвариантных к объекту проектирования.
4. Источником выявления закономерностей при ОАП технологических процессов ремонта являются методы и средства информационного моделирования, статистическая обработка и накопление информации об отказах и неисправностях узлов и агрегатов автомобиля.

**Список литературы:** 1. Горанский Г.К. и др. Проектирование на ЭВМ типовых технологических процессов. Учебное пособие по курсу «Основы разработки автоматизированных систем технологической подготовки производства в машиностроении». Часть 1. Челябинск, 1977. 2. Гильмутдинов Ш.А. Системы автоматизации проектирования. Состояние на предприятии и перспективы развития. Научно-технический сборник. Том второй «Производство, организация и технология. Ремонт и эксплуатация. Опыт создания и перспективы развития». – Николаев: НПКГ «Зоря» - «Машпроект», НО ИАУ, 2004. С. 115-119. 3. Капустин Н.М. Математическое моделирование технологических объектов и процессов. М.: Изд-во МГОУ, 2003г. 4. Кузнецов Л.А., Шматова Е.Л. Выявление и описание закономерностей принятия решений при автоматизированном проектировании маршрутных технологических процессов. В сб. «Вопросы судостроения». Серия «Технология и организация производства судового машиностроения». Выпуск 27, ЦНИИ «Румб», 1981. С. 96-106. 5. Кондаков А.И. САПР технологических процессов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений М.: Издательский центр «Академия», 2007, 272с. 6. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 7. Павлов В.В. Об использовании математических моделей системы ИСКРА при синтезе новых технических решений. В сб. «Автоматизация проектирования в машиностроении». г. Горький, 1978. с. 81-88. 8. Советов Б.Я., Цехановский В.В. Информационные технологии. М.: Высшая школа, 2005. 9. Старец А.С. Опыт разработки и внедрения системы автоматизации технологического проектирования на предприятиях с серийным характером производства. Общество «Знание» УССР, г. Киев. 1983. 10. Цветков В.Д. Методы автоматизации проектирования технологических процессов // ЭВМ в проектировании и производстве. Л.: Машиностроение, 1983.