

10-я Международная научно-техническая конференция "ТЕРВИКОН-2002"
Украина, Сумы, 10-13 сентября 2002 г.

ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ОСВОЕНИИ ВЫПУСКА МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

QUESTIONS OF PREPARATION OF MANUFACTURE AT DEVELOPMENT OF RELEASE OF THE MULTINOMENCLATURE PUMP EQUIPMENT

ПОВЕКВЕЧНЫХ Сергей Алексеевич, референт директора,
КРЮКОВ Валерий Сергеевич, зам. главного инженера,
ДП «Турбонасос» ФГУП КБХА, г. Воронеж, Россия,

СУХОЧЕВ Геннадий Алексеевич, к.т.н., доцент кафедры «Производство,
ремонт и эксплуатация машин», ВГЛТА, г. Воронеж, Россия.

***Abstract.** In clause the questions of preparation of manufacture are in detail considered at development of release of the multinomenclature pump equipment, volume number: designing of technological processes on all stages of manufacture, maintenance of adaptability to manufacture, creation of means of the automated designing, means of equipment, progressive processes for the combined processing of surfaces.*

Подготовка производства, как совокупность работ и мероприятий, обеспечивающих технологическую готовность производства к выпуску изделий, является составной частью системы технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий.

Задачей технологической подготовки производства (ТПП) является создание и внедрение прогрессивных технологий [1], обеспечивающих предприятиям изготовление конкурентно способной продукции в установленных объемах, в заданные сроки и при оптимальных затратах в соответствии с конструкторской, технологической и нормативно-технической документацией, установленными технико-экономическими показателями, в том числе показателями качества и надежности.

В состав основных задач управления ТПП изделий входят:

- установление номенклатуры и исполнителей работ;
- определение и обоснование объемов и сроков выполнения работ;

- своевременное выявление отклонений фактических показателей выполнения работ от плановых;
- формирование информации о характере и причинах указанных отклонений и принятие на ее основе оперативных управляющих воздействий.

При разработке систем технологической подготовки многономенклатурного насосного производства следует принимать во внимание большое количество взаимосвязанных подсистем: проектирования технологических процессов по всем стадиям производства, отработки технологичности, создание средств автоматизированного проектирования, средств оснащения и другое. Структурирование системы строится на принципах достаточности информации для обеспечения выпуска всей номенклатуры изделий и отсутствия избыточности, т.е. информации, которая не будет востребована в настоящее время. В общем виде описать систему можно через формализацию связей, объединяющих все свойства объекта [2].

При расчетах следует учитывать ограничения внешнего плана, регламентируемые заказчиком, ГОСТами, руководящими материалами, техническим заданием или техническими требованиями и характеристиками.

Уровень полученного решения можно оценить по целевой функции

$$Y = f(R_{тип} - R_{инд}) \rightarrow K$$

где $R_{тип}$ - типовое решение,
 $R_{инд}$ - индивидуальное решение,
 K - критерий.

Это может быть наиболее значимый технический показатель, как безотказность, или экономический (минимум себестоимости).

Для решения поставленных задач использовались методы исследования операций, предполагающие, что объект обладает свойствами системы. Известно, что каждая система Σ описывается совокупностью параметров: моментов времени T ; состояний системы X ; значений входных V воздействий и выходных W параметров в каждый момент времени, соответствующим множествам (λ, r) ; функциональными связями между воздействиями, величинами и состояниями системы φ, ψ .

$$\Sigma = \{T, X, V, W, \lambda, r, \varphi, \psi\}$$

В систему входят как типовые, так и индивидуальные решения. Задача здесь инвариантна, при этом число возможных решений чрезвычайно велико. Для решения задачи автоматизации ТПП граф может быть представлен в виде непересекающихся множеств [3]. Эта система также инвариантна, т. к. может охватывать как все объекты, так и их часть, расширяя область использования автоматизированной системы поэтапно. Переход от одного события к другому может проходить последовательно с анализом всех этапов или некоторой их части. При использовании стандартных технических средств эти этапы не рассматриваются. В общем виде технологическое решение выбора системы ТПП может выглядеть следующим образом

$$r = (r_{u1} r_{u2} \dots r_{un}; r_{i1} r_{i2} \dots r_{in}),$$

где r_{ui} - множество частных индивидуальных решений,
 r_{ii} - множество частных типовых решений.

Соотношение r_{ui} , r_{ii} определяется для конкретных этапов построения системы путем присвоения наименований (применение имеющейся машинной базы или создание новой, использование стандартных или индивидуальных программ и др.).

Условием решения задачи является возможность использования на входе в множества упорядоченных пар r_u и r_i , из которых с помощью функции отображения f выбираются те, которые отвечают требованиям системы. Такие решения не могут быть произвольными, они принадлежат множествам, учитывающим условия существования системы [3].

Анализ свойств системы ТПП показывает, что для ее практической реализации требуется постоянно решать ряд проблемных вопросов, одним из которых является отработка конструкции на технологичность.

Отработка конструкции изделий на технологичность, являясь одной из важнейших функций технологической подготовки производства, входит в общее понятие подготовки производства, так как процесс подготовки производства представляет собой особый вид деятельности, совмещающий выработку научно-технической информации с ее превращением в материальный объект - новую продукцию.

В некоторых случаях отработку конструкций изделий на технологичность рекомендуется проводить путем анализа конструкции изделия после разработки конструкторской документации, выработки замечаний и предложений по повышению технологичности и направления этих предложений разработчику конструкторской документации. Проработка регламентирована стандартами предприятия (СТП) и осуществляется специалистами цехов-изготовителей с момента закрепления и получения чертежа. Система и последовательность проработки, сложившиеся в объединении, следующие: изучение чертежей и технических требований; подбор информации по технологическим процессам аналогичных деталей других изделий; выбор типа заготовок; разработка замечаний и предложений по повышению технологичности технологами цехов с последующей проработкой их в службах (ОГМ, ОГТ, ОГК), утверждением у главного инженера и направлением разработчику для принятия решений; рассмотрение замечаний и предложений разработчиком на уровне начальников конструкторских групп, начальников техбюро и ведущих технологов.

Не отрицая определенную полезность отработки конструкции изделий на технологичность по этому методу, отметим, что внесение изменений в уже разработанную конструкцию - достаточно сложный и болезненный процесс. Проработка предложений по изменениям, переработка (в случае необходимости) конструкторской документации требуют определенных затрат ресурсов и времени. Даже при безусловном принятии предложений по изменениям они влекут за собой затраты времени, увеличение

цикла разработки и постановки продукции на производство. Кроме того, цеховые эксперты, проводя экспертизу конструкторской документации, рассматривают только возможность изготовления деталей, узлов, агрегатов, изделий в условиях данного производства. За сферой анализа технической документации остается рассмотрение возможности упрощения конструкции путем выбора других вариантов функциональных систем построения установок и систем, упрощения этих систем за счет ликвидации излишних звеньев и т. п.

Сосредоточение усилий по отработке конструкции изделий на стадиях проектирования является наиболее приемлемым и существенным методом исполнения этих работ. Более того, определенный объем работ по отработке конструкции на технологичность может быть вынесен на предпроектную стадию.

В данном случае на стадии формирования заявки на освоение продукции разработчик производит выбор изделия-аналога. Очевидно, что если выбраны принципиальные проектные параметры будущего изделия, т. е. выбраны параметры его качества и имеется статистика, отражающая опыт разработки, производства и эксплуатации изделий-аналогов, включая характеристики технологичности и стоимостные характеристики, то формально задача может быть сведена к разработке функционала, отражающего стоимость изделия через векторы проектных параметров с учетом ограничений, определяющих допустимое значение параметров будущего изделия. В экономике для этой цели широко используются функции Кобба-Дугласа, которые являются частными случаями степенных функций [4]:

$$S = K \sum_{j=1}^{m'} X_j^{\alpha} j,$$

где S - стоимость изделия; K - константа; X_j - j -я составляющая вектора технических параметров X ; α - константа, характеризующая вес затрат для достижения заданного значения j -й составляющей вектора качества; j - значение составляющей вектора качества; m' - число проектных параметров.

Важнейшим вопросом, который решается на данном этапе, является обоснование лимитной цены. При ее обосновании должно быть обеспечено относительное удешевление новой продукции для потребителя в расчете на единицу полезного эффекта по сравнению с изделием-аналогом.

Лимитная цена на новую продукцию:

$$Ц_n = C + П_n,$$

где C - себестоимость будущего изделия; $П_n$ - нормативная прибыль.

На рассматриваемой стадии нет достаточной информации по слагаемым, входящим в формулу лимитной цены. В этот период возможно лишь определение предварительного уровня себестоимости по удельным показателям материальных и трудовых затрат по группам или видам продукции

или функциям зависимости себестоимости от изменения параметров по аналогичным изделиям, полученным в результате соответствующей математической обработки статистических данных по изделиям-аналогам.

Нормативная прибыль определяется на основе отношения утвержденных по соответствующим группам продукции нормативов рентабельности к себестоимости за вычетом стоимости использованных сырья, топлива, энергии, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий.

Экономическая обоснованность уровня лимитной цены должна обеспечивать снижение затрат потребителя на единицу полезного эффекта, она проверяется сопоставлением их с действующими ценами на базовые изделия с учетом изменений технико-экономических и социальных параметров. Внесение в заявку на разработку и производство лимитной цены в конечном итоге ограничивает затраты ресурсов при производстве будущего изделия, в том числе технологическую трудоемкость и материалоемкость - важнейшие показатели технологичности конструкции.

Наиболее сложным в настоящее время с точки зрения формализации инженерных знаний является направление, позволяющее автоматизировать технологическую подготовку производства [5]. Необходимость создания специализированной базы данных для инструментального хозяйства можно легко уяснить из анализа рис. 1, показывающего значительную номенклатуру специальных средств технологического оснащения в многономенклатурном насосном производстве.



Рисунок 1 - Соотношение степени конструктивной сложности продукции и доли оригинальных СТО в общем объеме оснастки: 1- энергоустановки и системы; 2-насосные установки и турбокомпрессоры; 3-электронасосные агрегаты; 4-запасные части и блоки

Разработка технологической подсистемы в этом случае позволит подготовить необходимый комплект технологической документации действующего инструментального производства для изготовления режущего инструмента на маршрутно-технологических картах с привязкой к имеющемуся оборудованию. Использование совокупности баз данных с двумерными файлами и реляционных баз данных позволяет составлять любые по сложности конкретные технологические процессы на основе типовых технологических процессов. Представителями вышеназванных технологических процессов являются процессы изготовления режущего инструмента в мелкосерийном производстве при широкой номенклатуре. Как пример можно рассмотреть составление технологического процесса изготовления резцов при взаимодействии двумерных и реляционных баз данных. Из двумерных баз данных выбираются параметры резца: тип, конструкция, его геометрические параметры и т.д.

Важно отметить, что все данные, в том числе и геометрическая модель, хранятся в единой базе данных и используются модулями системы на протяжении всего жизненного цикла изделия. Все это заносится в соответствующие поля реляционной базы данных, связанных между собой определенным образом. Далее ЭВМ производит компоновку технологического процесса, который выводится на просмотр оператору.

При необходимости изменения представленного технологического процесса, например, необходимость замены вида заготовки (точного литья на ковannую), изменяют только подлежащее изменению поле. Изменяемые параметры выбираются из двумерных баз данных, как и при составлении технологического процесса. Если же их там нет, то всегда есть возможность внести необходимые данные простым редактированием этой базы данных. При этом происходит автоматическое изменение, связанных с ним и зависящих от него полей баз данных, на основе новых данных перестраивающих изменяемую часть технологического процесса. Отредактированный технологический процесс вносится под новым номером и именем в реляционную базу данных.

Реляционные базы данных, как архив технологических процессов, позволяют существенно экономить физический объем памяти на магнитных носителях, что является одной из насущных проблем современного хранения и использования баз данных (примером может служить скорость доступа к некоторым данным, т.е. скорость их поиска и получения). Это обеспечивается тем, что в реляционной базе данных поля связаны друг с другом и описание некоторого отдельного объекта присутствует только в одном месте, а ссылок на него может быть бесконечное множество. Например, для технологического процесса изготовления резцов с твердосплавными пластинками описание новой пластинки автоматически заносится в базу данных, и любой составляемый технологический процесс, в котором используется эта пластинка, будет иметь только ссылку на нее.

Использование двумерных баз данных в качестве вводных данных, а реляционных баз данных для хранения технологических процессов и быстрой их модификации, позволяет с малыми затратами времени составлять и адаптировать фактически любые технологические процессы в условиях серийных и мелкосерийных производств. Особенно это актуально для инструментального производства и производства оснастки.

Одной из основных частей системы автоматизированного проектирования любого назначения является информационное обеспечение. По информационным обеспечением САПР понимается информация, которая используется проектировщиками непосредственно для выработки проектных решений. Сюда относится информация о прототипах объектов, комплектующих изделиях, используемых материалах, о существующих типовых, стандартных и ранее принятых решениях, нормативно-справочные данные, классификаторы.

При правильном построении базы данных происходит отделение данных от алгоритмов проектирования для того, чтобы изменения алгоритмов и данных не влияли друг на друга. При использовании базы данных становятся очевидным ее существенные преимущества перед другим представлением данных: сокращение избыточности данных, обеспечение их целостности, возможность разграничения доступа пользователей, которое может быть необходимо при режиме секретности некоторых данных или при повышенной степени защиты их, возможность представления данных в любом виде в зависимости от используемых устройств ввода и вывода информации и т.д.

Все это приводит к тому, что для создания необходимого прикладного программного обеспечения САПР программисту необходима помощь инженера-пользователя САПР. Именно это инженер сначала разрабатывает концептуальную модель, которая должна описывать все представляющие интерес объекты предметной области, взаимосвязи между ними с его точки зрения. После этого концептуальная модель переводится в логические связи, модели данных, которые уже отражают логику программиста. Далее, в зависимости от имеющихся технических средств, проектируется физическая модель данных. Вопросы особенностей реализации полученной модели, эффективности обработки данных на этой стадии не имеют значение. Таким образом, существует реальная производственная необходимость создания и расширения возможностей автоматизированной системы технологической подготовки многономенклатурного производства, разработки средств и методов их выполнения.

Инструментальная оснастка металлорежущих станков и особенно станков с ЧПУ должна позволять выполнять различные технологические операции при обработке разнообразных деталей без переналадки. С этой целью широко применяются инструментальные блоки, представляющие собой сборочную единицу в виде режущего и вспомогательного инстру-

ментов, которые позволяют использовать любой необходимый режущий инструмент и обеспечивают высокую точность, жесткость и возможность регулирования и выбора размеров. В качестве вспомогательных инструментов в инструментальных блоках используются различные патроны, оправки, втулки, головки, держатели, каждый из которых имеет до 24 типоразмеров. Конструирование и расчет инструментальных блоков с заданными характеристиками представляет собой трудоемкую задачу и поэтому целесообразно использование автоматизированного проектирования как подсистемы САПР [6].

Процесс конструирования инструментальных блоков предусматривает создание баз данных на каждый вид используемых вспомогательных инструментов. В качестве исходных данных рассматриваются размеры и форма посадочных поверхностей режущего инструмента, которые в свою очередь определяются его типом и основными конструктивными размерами, размеры установочных поверхностей для инструментального блока на металлорежущем оборудовании, а также необходимая общая длина инструментального блока. Такие исходные данные предполагают, что на предыдущих этапах САПР-ТП для рассматриваемой операции и перехода уже произведен выбор оборудования, приспособлений и режущего инструмента, а также известны размеры обрабатываемых поверхностей детали и размеры рабочей зоны оборудования.

В качестве примера рассмотрим процесс конструирования инструментального блока, оснащенного каким-либо хвостовым режущим инструментом для станков сверлильно-фрезерно-расточной группы. На первом этапе в соответствии с диаметром режущей части инструмента определяется форма его хвостовика (цилиндрический или конический) и затем выбирается цанговый или кулачковый патроны либо регулируемые или нерегулируемые переходные втулки с внутренним конусом Морзе. На втором этапе по выбранному типоразмеру вспомогательному инструменту выбирается переходная втулка для вспомогательного инструмента с соответствующим конусом Морзе с лапкой или резьбовым отверстием либо державка для регулируемых патронов, втулок и оправок. Все эти втулки и державки имеют конус 7 : 24 для установки в шпинделе станка. На третьем этапе производится проверка возможности регулировки блока на заданную длину. Если длина блока не задана, то для обеспечения максимальной жесткости и точности длина принимается минимальной.

На последнем этапе вероятностными методами определяются жесткость и точность сконструированного инструментального блока и если она не превышает 20% от допуска на обрабатываемый размер детали, то конструкция признается удовлетворительной. В противном случае необходимо сократить количество вспомогательных инструментов, входящих в инструментальный блок, выбрать их более жесткие конструкции, уменьшить

длину блока, снизить режимы обработки и в первую очередь глубину резания и подачу.

Стандартная технологическая оснастка (патроны, центры, люнеты и др.) широко используются на токарных и кругло-шлифовальных станках и насчитывают большое разнообразие конструкций и типоразмеров в зависимости от вида операций, размеров обрабатываемой заготовки, точности и других условий обработки.

Учет всех этих факторов является достаточно трудоемкой операцией и иногда может вызвать определенные затруднения, а поэтому одни конструкции оснастки имеют очень широкое распространение, а другие не применяются, хотя зачастую как раз они и могли бы дать необходимый результат. Поэтому процесс выбора стандартной технологической оснастки целесообразно автоматизировать и включить в состав общей системы САПР-ТП [7].

В качестве примера рассмотрим процесс автоматизированного выбора токарных патронов. На подготовительном этапе необходимо создание баз данных на каждую конструкцию патрона. Исходные данные, включающие необходимую точность обработки, тип производства, форму и размеры базовой поверхности детали, типоразмер станка и пр. берутся из чертежа детали либо уже определены на предыдущих этапах САПР-ТП.

На первом этапе в соответствии с заданной степенью точности обрабатываемой поверхности по ГОСТ 24643-81 выбирается степень точности патрона (нормальная, повышенная, высокая или особо высокая).

На втором этапе по типу производства (единичное, серийное или массовое) выбирается тип привода (ручной или механизированный) и специализация (универсальный или специальный). Затем по форме базовой поверхности и жесткости детали определяется количество кулачков у патрона (двух-, трех-, четырех-, шести-, восьми кулачковый, самоцентрирующийся или с независимым перемещением кулачков).

По типу станка, минимальной силе зажима, максимальной точности установки в осевом направлении, а также по состоянию установочной базы детали выбирается конструкция патрона (винтовые ГОСТ 14903-69, спирально-реечные ГОСТ 2675-80, клиновые или рычажно-клиновые ГОСТ 24351-80, мембранные ГОСТ 16157-70 или цанговые ГОСТ 2876-80). И по размерам установочной поверхности детали выбирается диапазон диаметров соответствующего патрона.

В результате выполнения программы, реализованной на языке "Дельфи" на ПК "Pentium", на печать выводятся выбранные характеристики оснастки.

Немаловажным остается вопрос дальнейшей отработки технологических процессов заготовительного производства [8] и финишной обработки проточной части насосных агрегатов [9], некоторые из типовых деталей которых показаны на рис.2.

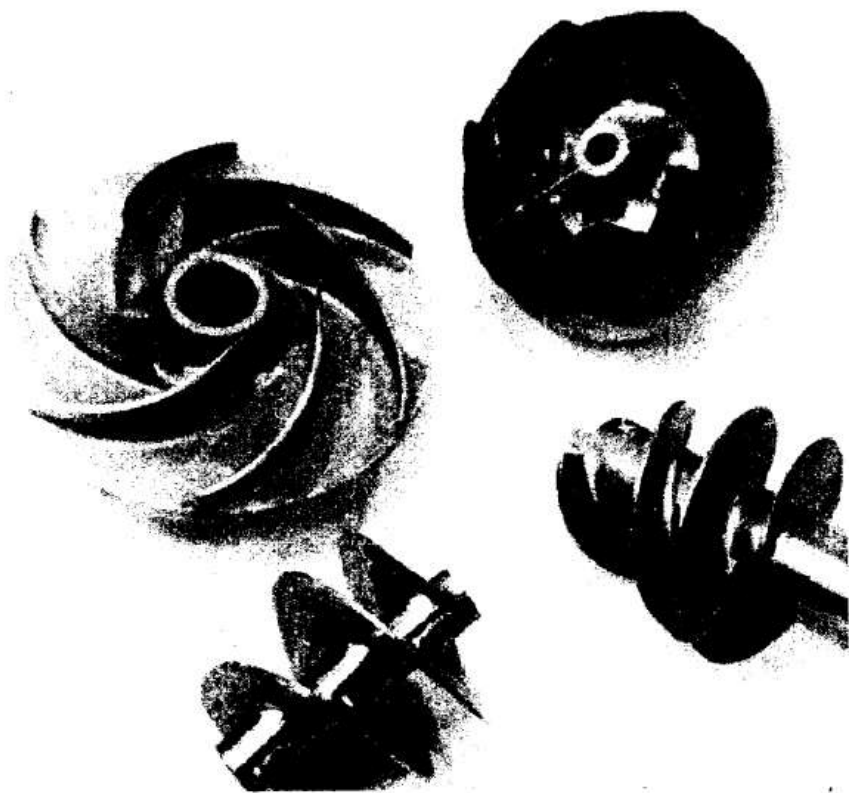


Рисунок 2 - Типовые детали турбонасосных агрегатов с открытыми поверхностями сложного профиля

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

1. Валухов С.Г., Повеквечных С.А., Коденцев С.Н., Сухочев Г.А. Реализация элементов нетрадиционных технологий двойного назначения на рынке объектов интеллектуальной собственности // Создание и оценка объектов интеллектуальной собственности с применением функционально-стоимостного анализа (ФСА) наукоемких предприятий: Материалы регион. науч.-практ. семинара. - Воронеж, ВГТУ, КБХА, 1999. - С. 8-12.
2. Голоденко Б. А., Смоленцев В.П. САПР в мелкосерийном производстве. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991-124 с.

3. Дунаев И.М., Смоленцев В.П. Новое в типизации процессов механической обработки. - М: Машиностроение, 1989 - 48 с.
4. Михельсон-Ткач В.Л. Повышение технологичности конструкций. - М: Машиностроение, 1988 - 104 с.
5. Уваров В.Г. Использование возможностей баз данных в технологической подготовке инструментального производства /Нетрадиционные технологии в экономике и социальной сфере /Межвузовский сборник научных трудов. Вып.3.- Воронеж: ВГТУ, 2000. - С. 7-9.
6. Кузовкин В.П., Приходько А.В., Провоторов С.Ф., Иванов А.В. САПР при конструировании и расчете вспомогательного инструмента / Новационные технологии и управление в технических и социальных системах. / Тезисы докладов межвузовской научно-практической конференции. Вып.1.- Воронеж: ВГТУ, 1999. - С. 79-81.
7. Кузовкин В.П., Кузовкин А.В., Аклендер О.Л., Воробьев А.О. Использование САПР при выборе стандартной технологической оснастки / Новационные технологии и управление в технических и социальных системах. / Тезисы докладов межвузовской научно-практической конференции. Вып.1.- Воронеж: ВГТУ, 1999. - С. 81-82.
8. А.Ф. Азаров, С.Г. Валюхов и др. Применение технологии ГИП гранулированных материалов для изготовления ответственных деталей насосных агрегатов // Разработка, производство и эксплуатация турбо-, электронасосных агрегатов и систем на их основе: труды I МНТК «СИНТ'01». – Воронеж: ООО РИФ «Кварта», 2001, С. 378-383.
9. Бульгин Д.Ю., Крюков В.С., Сухочев Г.А. Формирование поверхностных слоев каналов сложного профиля в деталях транспортных систем технологическими методами // Разработка, производство и эксплуатация турбо-, электронасосных агрегатов и систем на их основе: труды I МНТК «СИНТ'01». – Воронеж: ООО РИФ «Кварта», 2001, С. 352-357.