

Результаты работ и исследований ученых и конструкторов

УДК 621.311:658.26:550.8

Р. Т. Хаматдинов

ООО "Нефтегазгеофизика"

Б. В. Палюх, Г. Б. Бурдо

Тверской государственный технический университет

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Рассмотрена методика автоматизированного управления технологическими процессами в производственных подразделениях предприятий, выпускающих геофизические приборы и оборудование. На конкретном примере показана ее эффективность.

Ключевые слова: автоматизированные системы управления технологическими процессами, системы автоматизированного проектирования технологических процессов, производственная система, геофизическое приборостроение.

Исследование производственной системы

Сформулируем понятие "производственная система", которое в достаточной мере не определено в области машиностроения,

поэтому позволим себе ввести следующее определение: “Под производственной системой (ПС) понимается совокупность взаимодействующих производственных технологических подразделений ($T_{\chi\Pi}$) с технологическим оборудованием, проектных, управленческих и контролирующих подразделений, обеспечивающих выполнение производственной программы”.

Для выявления подразделений, входящих в конкретную ПС, необходимо провести анализ связей ее предполагаемых элементов и других подразделений, объединенных понятием “внешняя среда”. С точки зрения системного подхода [1] элементы могут быть объединены в систему в том случае, когда связи между ними сильнее, чем с подсистемами внешней среды, когда изменение одного из них приводит к изменению условий функционирования других, а также когда у выделенной подсистемы появляются новые свойства, а не просто набор свойств составляющих ее элементов. Такой анализ выполняется на различных этапах жизненного цикла изделий (техническое задание, проектирование, конструирование, изготовление, испытания и т. д.) [4].

Анализ связей ПС был проведен на предприятии ООО “Нефтегаз-геофизика”, занимающемся разработкой и изготовлением геофизического оборудования и характеризующемся полным циклом изделий (от НИР до изготовления и эксплуатации приборов). Подразделения, вошедшие во внешнюю среду (ВС), обобщены с точки зрения функций и в конкретной организации могут отличаться названием.

Подразделения ВС:

- 1) система управления организацией;
- 2) конструкторские;
- 3) сертификация и НТИ;
- 4) разработчики электроники;
- 5) испытания и предпродажное обслуживание;
- 6) исследовательские;
- 7) сервисные работы;
- 8) отдел материально-технического снабжения;
- 9) бухгалтерия;
- 10) склад.

При анализе установлено, что ПС выступает как единое целое при реализации большого числа информационных связей с другими подразделениями организаций, в то же время ей свойственны свои фун-

кции и цели, подчиненные целям функционирования организации, то есть налицо системные принципы целостности и разобщенности. Это позволяет в дальнейшем подойти к рассмотрению функций и структуры ПС, заменив подсистемы ВС информационными связями. Обязательным условием эффективного функционирования ПС является наличие обратных связей с соответствующими подразделениями. Все это дает возможность трактовать понятие ПС именно как систему в методологическом смысле.

Цель функционирования ПС – осуществление технологической подготовки производства и выполнение технологических процессов изготовления изделий в определенные договорными сроками с минимальными временными и стоимостными затратами.

Согласно принципу соответствия системы, целями ПС должны быть следующие объекты:

1. Проектирующие подразделения, занимающиеся технологической подготовкой производства.
2. Контролирующие подразделения, определяющие степень соответствия изделий требованиям чертежа.
3. Управляющие подразделения – ядро ПС. Их функция – координация работ в рамках ПС по времени, календарное планирование и оперативное управление, подготовка отчетов.
4. Производственные (технологические) подразделения, которые осуществляют непосредственное изготовление деталей и являются управляемой частью ПС.

Цели функционирования ПС должны соответствовать задаче функционирования организации в целом – поставке изделий в заданные сроки (принцип иерархии целей).

Необходимость включения проектирующих и управляющих подразделений в единый комплекс целесообразна прежде всего потому, что появляются новые возможности управления работой ТП: кроме определения очередности запуска и последовательности прохождения деталей по рабочим местам, свойственных известным системам управления технологическими процессами, возможно осуществление дополнительного контура управления путем варьирования последовательности операций обработки, исходя из фактической загрузки оборудования и его фактического состояния (поломки, ремонты и т. д.). Комплексность также предопределяет возможность осуществления проектирования технологий и управления работой

в режиме, близком к реальному времени, многовариантность проектных решений с последующей их оптимизацией. Состав и связь подразделений ПС приведены на рис. 1.

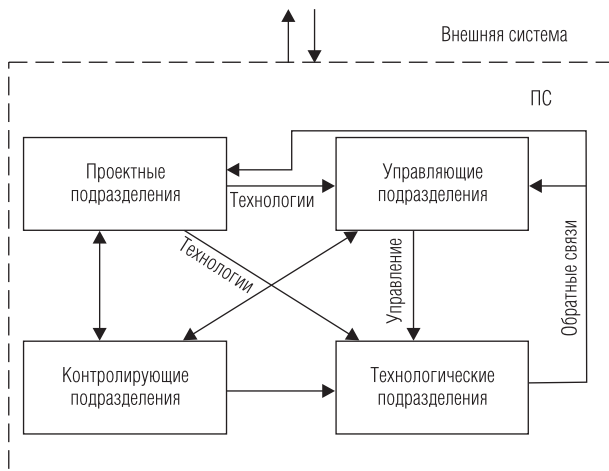


Рис. 1. Принципиальная схема ПС

ПС можно представить в виде такой схемы, так как связи между ее элементами более значимы, чем с элементами ВС, в то же время появляются новые возможности ее целостного функционирования, обусловленные целенаправленным поведением и корректировкой правил принятия в ней решений на основе анализа текущего состояния ТХП и накопленного опыта. В процессе работы были определены формальные функции элементов ПС, что позволило трактовать проектирующие подразделения как систему автоматизированной конструкторской и технологической подготовки – САПР ТП (АСТПП), а управляющие – как автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП).

Условия функционирования предприятий в настоящее время

В настоящее время в отечественном геофизическом приборостроительном комплексе наблюдаются значительные структурные

перестройки, в связи с которыми в первую очередь изменились пропорции предприятий, относимых к различным типам производств. Если в 1980–1985 гг. в геофизическом приборостроении до 80–90% всего объема продукции выпускалось предприятиями крупно- и среднесерийного типа производства, то к 2008 г. доля таких предприятий и фирм сведена практически на нет.

Следовательно, оставшаяся и весьма значительная часть изделий выпускается в условиях производств мелкосерийного и единичного типа. Отмеченное подтверждается и зарубежным опытом и определяется желанием потребителей иметь необходимую геофизическую продукцию в нужное время и в нужном количестве.

Мелкосерийное и единичное производство наглядно характеризуется таким показателем, как число различных технологических операций механической обработки, выполняемых на одном рабочем месте в производственных подразделениях в течение месяца. Для мелкосерийного производства он равен 20–40, для единичного – более 40, что определяется широкой номенклатурой изделий и малыми партиями их выпуска (от 30–40 штук до единичных образцов).

Крупносерийное производство (где коэффициент закрепления операций не превышает 2) отличается от других гораздо лучшими технико-экономическими показателями, что обусловлено глубиной и продуманностью конструкторской, технологической и организационной подготовки производства, применением специализированных САПР, современных и точных методов организации производства и управления. Такие предпосылки успешной деятельности объясняются наличием достаточного запаса времени для осуществления разработок и малой динамикой производственной системы в связи с достаточно постоянной номенклатурой и большими партиями выпускаемых изделий. Усилия исследователей и разработчиков САПР и АСУТП были направлены на обеспечение данных потребностей предприятий крупно- и среднесерийного производства. При попытке прямого переноса указанных систем на предприятия единичного и мелкосерийного производства возник ряд трудностей [2, 5].

Один из путей их преодоления представлен ниже в разработке концепции комплексной САПР ТП – АСУТП для единичного и мелкосерийного производства.

Организационно-технологические предпосылки оптимального управления

Естественно, что разработка только систем САПР ТП – АСУТП не может обеспечить оптимального управления ПС. Нужен еще ряд организационно-технологических мероприятий, создающих предпосылки эффективной работы технологических подразделений ПС, направленных на создание рациональной структуры производственных подразделений.

Структуру $T_{\chi\Pi}$ будем рассматривать с точки зрения возможности сочетания производственных процессов во времени и пространстве. Такое сочетание необходимо осуществить в соответствии с основными принципами построения технологических процессов, которые можно сформулировать как принципы дифференциации, концентрации, специализации, пропорциональности, прямооточности, непрерывности, автоматичности, гибкости. Учет этих принципов при разработке структуры $T_{\chi\Pi}$ позволяет эффективно осуществлять управление и применять высокопроизводительное оборудование.

Технологические процессы изготовления изделий являются основой разработки структуры $T_{\chi\Pi}$. Технологические подразделения должны обеспечивать выполнение всех видов работ (технологических процессов) по номенклатуре изделий и отвечать вышеназванным принципам.

Например, основные виды работ, выявленные анализом в ООО “Нефтегазгеофизика” и необходимые для осуществления производственного процесса, можно разбить на составляющие: токарные; фрезерные; координатно-расточные; сверлильные; шлифовальные; термическая обработка; сварка; слесарно-сборочные; заготовительные; штамповка; изготовление технологической оснастки и нестандартного режущего инструмента и мерителя.

Введем такие показатели, как обобщенные технологические возможности оборудования $M_{об}$ и мощность пересечения технологических возможностей $M_{пер}$: $M_{об} = \bigcup^n M_i$, $M_{пер} = \bigcap^n M_i$, где M_i – технологические возможности i -й группы станков; $\bigcup^n$ – логическое объединение; $\bigcap^n$ – логическое пересечение.

Указанные показатели могут служить критериями для определения рациональности выбора оборудования участков, предназначен-

ного для определенной номенклатуры деталей, и отвечают условиям гибкости и концентрации.

Разница между обобщенными технологическими возможностями и требованиями для изготовления деталей M_d и $M_{об}$ должна быть минимальной. Это предопределяет минимизацию затрат на приобретение деталей и оборудования.

В то же время мощность пересечения $M_{пер}$ должна быть максимальной, причем желательно, чтобы пересечения образовывала каждая группа станков. Это позволяет получить большее число вариантов закрепления операций за металлорежущим оборудованием, следовательно, увеличивается вероятность получения решения, близкого к оптимальному. Эти условия могут быть записаны следующим образом:

$$\begin{cases} C_{об} \leq [C], \\ M_{об} \setminus M_d \rightarrow \min, \\ M_n = \rightarrow \bigcap_{i=1}^n M_{max}, \\ M_{ij} = \bigcap_{j=i+1}^n, M_{ij} \neq 0 \text{ для любого } j \neq i; i = \overline{1, n}; j = \overline{2, n}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\setminus$ – знак логической разности; $C_{об}$ – стоимость оборудования; $[C]$ – допустимые затраты на оборудование.

Требуемое число единиц оборудования необходимо определять исходя из ожидаемой станкоемкости по каждому виду работ или анализа за достаточно большой (1–2 года) период.

Количество оборудования рассчитывается по формуле

$$C_{pi} = \frac{\sum_{i=1} (t_{шт.ки} \cdot N_i)}{\Phi_3 \cdot 60},$$

где $t_{шт.ки}$ – штучно-калькуляционные времена выполнения i -й работы; N_i – число деталей, над которыми выполняется работа, *мин*; Φ_3 – эффективный фонд времени работы оборудования, *ч*.

$$\sum t_{шт.ки} \cdot N_i = C_i,$$

где C_i – станкоемкость вида работ.

Расчетное число округляется до принятого $C_{пр}$ и подсчитывается коэффициент загрузки $3_i = \frac{C_{pi}}{C_{при}}$. Загрузка по всем типам станков $3 = \frac{\sum 3_i}{K}$, где K – число типов станков. Величины 3_i и 3 не должны быть больше 0,85–0,9 для оставления резерва по внеплановым работам, изготовления оснастки, исправления брака и т. п.

Отдельного разговора заслуживает вопрос о соотношении коэффициентов загрузки оборудования на участках, следующих за первым по ходу технологического процесса.

Возьмем два смежных с точки зрения основного деталепотока участка (рис. 2), причем обработка на участке 1 предшествует обработке на участке 2.

Загрузка на участке 2 должна быть меньше, чем на участке 1 для исключения узких мест в технологической цепочке. В первом приближении для этого следует использовать данные по рассеиванию станкоемкостей операций, выполняемых на участках 1 и 2.

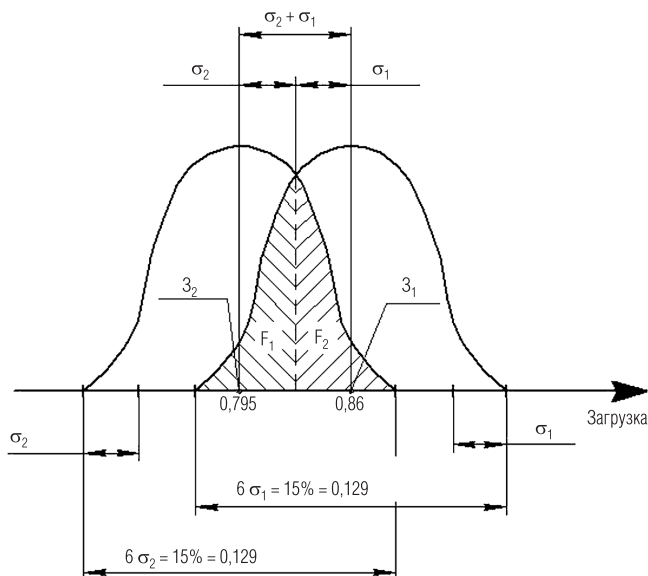


Рис. 2. Загрузка участков 1 и 2

Рекомендуется принимать среднее рассеивание равным 15% от расчетного коэффициента загрузки по участку 1 – 0,86 (рис. 2) и такое же по участку 2.

Сместим поле рассеивания загрузки участка 2 относительно участка 1 на величину 2σ в сторону меньших значений, как это показано на рис. 2. В общем случае смещение должно быть $\sigma_1 + \sigma_2$. Неблагоприятный случай может быть, когда загрузка фрезерного участка больше, чем токарного. Это возникает в 2,5% случаев, что является в целом удовлетворительным. Таким образом, можно рекомендовать снижение коэффициентов загрузки оборудования участков, где производится последующая обработка, на величину $(\sigma_{n-1} + \sigma_n)$ влево от предшествующего участка, где индекс n соответствует рассматриваемому участку, $(n - 1)$ – предшествующему.

Структура и принципы создания комплексной автоматизированной системы проектирования и управления технологическими процессами

Исследования ПС проводились на основе теоретико-множественного подхода теории систем и теории интервального анализа [5] для выявления иерархической структуры ПС, типа процедур, выполняемых ее элементами, и их взаимосвязи, а также для выявления структурного алгоритма управления технологическими подразделениями, позволяющего оперативно реагировать на изменения производственной ситуации.

Были установлены связи, реализуемые между подсистемами ПС, и их иерархия. ПС была рассмотрена с точки зрения управления (рис. 3), что позволило выявить функции ее отдельных подсистем, их входные и выходные параметры, основные принципы, реализуемые при разработке САПР ТП – АСУТП, рассмотреть ПС в иерархической взаимосвязи САПР ТП, АСУТП и ТХП.

Информационные связи (входы и выходы с точки зрения управления) имеют следующее содержание: $X_{11} = \{x_{11i}\}$ – множество параметров, определяющих информацию от САПР (содержащиеся в чертежах изделий сведения, необходимые для разработки технологий); $X_{12} = \{x_{12j}\}$ – множество параметров, характеризующих информацию от САПР, необходимой для заказа материалов и т. п.; $X_2 = \{x_{2k}\}$ – множество параметров, определяющих срок выполнения

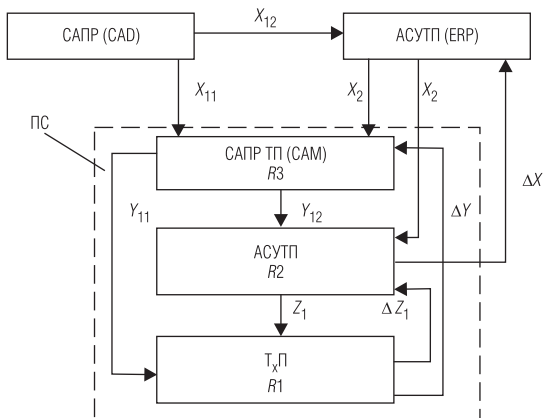


Рис. 3. Схема управления работой технологических подразделений

заказов-заданий; $Y_{11} = \{y_{31m}\}$ – параметры от САПР ТП, необходимой для задания алгоритмов выполнения действий на рабочих местах; $Y_{12} = \{y_{32n}\}$ – множество параметров, описывающих последовательность операций и их длительность, требуемые наладки оборудования и т. п.; $Z_1 = \{z_{1p}\}$ – множество параметров календарных планов выпуска изделий как результат функционирования АСУТП; $\Delta Z_1 = \{\Delta z_{1q}\}$ – множество параметров, характеризующих обратную связь по отклонениям от календарного плана и фактическому состоянию $T_{X\Pi}$; $\Delta Y = \{\Delta y_c\}$ – параметры обратной связи по загрузке оборудования и рабочих мест в $T_{X\Pi}$; $\Delta X = \{\Delta x_f\}$ – множество параметров, характеризующих отклонения от графиков выполнения заказов. Каждое множество параметров было определено, функции каждого элемента (оператора) производственной системы выявлены на основе указанных выше подходов следующим образом:

$$\begin{aligned}
 \{R_{11}\}: Y_{11} \times Z_1 &\rightarrow \Delta Z_1; & \{R_{12}\}: Y_{11} \times Z_1 &\rightarrow \Delta Y; \\
 \{R_{21}\}: Y_{12} \times X_2 \times \Delta Z_1 &\rightarrow Z_1; & \{R_{22}\}: \Delta Z_1 \times X_2 &\rightarrow \Delta X; \\
 \{R_{31}\}: X_{11} \times X_2 &\rightarrow Y_{11}; & \{R_{32}\}: X_{11} \times X_2 \times \Delta Y &\rightarrow Y_{12},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где $(\{R_{11}\}, \{R_{12}\}) \subset R1$, $(\{R_{21}\}, \{R_{22}\}) \subset R2$, $(\{R_{31}\}, \{R_{32}\}) \subset R3$ – множества функций $T_{X\Pi}$, АСУТП и САПР ТП соответственно.

Для описания каждой функции применялись определенные наборы значений параметров. Выявлены основные принципы создания САПР ТП и АСУТП как единого целого.

Исследование цикла работы ПС

Анализ цикла работы ПС необходим для построения алгоритмов управления технологическими подразделениями и подготовкой производства.

Рассмотрим цикл работы ПС на протяжении выполнения одного запуска и изготовления нескольких заказов. Заказом в условиях единичного и мелкосерийного производства, к которому относится предприятие ООО “Нефтегазгеофизика”, является планово-учетная единица системы планирования производства. В производственной системе одновременно могут изготавливаться до нескольких десятков заказов.

Цикл работы ПС начинается с получения директивных указаний от системы управления организацией о номенклатуре и сроках изготовления приборов и рабочих чертежей от конструкторских подразделений (рис. 4).

Первым этапом рабочего цикла ПС является предварительный отбор заказов для выполнения за определенный период времени. В этот момент расчетных данных о трудоемкости изготавливаемых приборов еще нет, можно лишь говорить о приблизительных оценках на основе конструктивно схожих приборов. На первом этапе нет необходимости занижать возможности производства, учитывая, что в дальнейшем план запуска будет корректироваться. Этот этап выполняется совместно системой управления организацией и ПС и входит в этап планирования; его время – ΔT_7 .

Параллельно выполняется технологическая подготовка производства, включающая работы по обеспечению технологичности конструкции изделия и технологическому проектированию, которое выполняется последовательно-параллельно с этапом отработки на технологичность. Технологическое проектирование состоит в выполнении следующих работ: 1) проектирование технологических процессов; 2) проектирование средств технологического оснащения. Временное отставание от первого этапа ΔT_1 определяется, в основном, готовностью конструкторской документации. В частности,

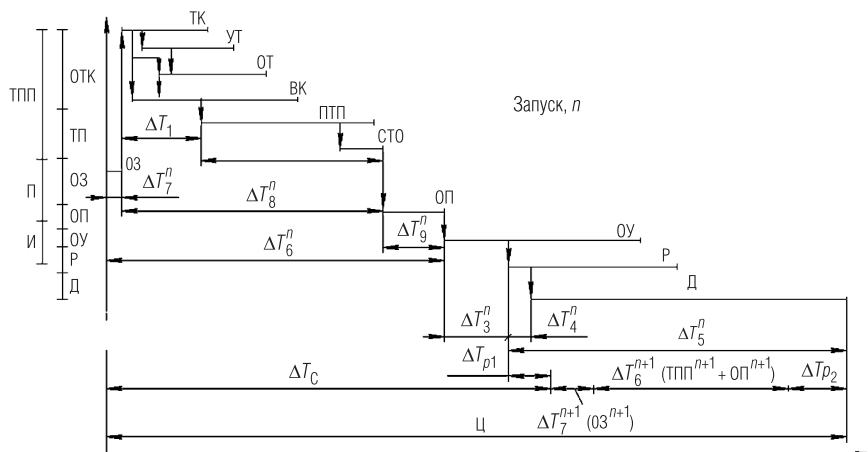


Рис. 4. Цикл работы ПС:

ТПП – технология подготовки производства; П – планирование; И – изготовление изделий; ОТК – отработка технологичности конструкции; ТП – технологическое проектирование; ОЗ – предварительный отбор заказов; ОП – объемное планирование; ОУ – оперативное управление; Р – работа технологических подсистем; Д – диспетчирование; ТК – технологический контроль конструкторской документации; УТ – оценка уровня технологичности; ОТ – отработка конструкции на технологичность; ВК – внесение изменений в конструкцию; ПТП – проектирование технологических процессов; СТО – проектирование средств технологического оснащения

при повторном изготовлении приборов по отработанным ранее на технологичность чертежам ΔT_1 может быть очень мало, практически равно 0.

Время проектирования средств технологического оснащения при повторном изготовлении приборов значительно уменьшается и тратится на вызов из базы данных и корректировку в случае необходимости по результатам эксплуатации, то есть и величина ΔT_2 может быть весьма незначительной. Работы по проектированию технологических процессов и разработке средств технологического обеспечения тоже должны вестись последовательно-параллельно для сокращения их суммарной продолжительности.

За этапами технологии подготовки производства и планирования следует этап объемного планирования. Здесь на основании времен выполнения технологических операций (станкоемкостей) уточняется

возможность выполнения ранее запланированных в первом этапе объемов работ исходя из производственных мощностей $T_{\chi\Pi}$.

После уточнения объемов выполняемых работ следует этап изготовления изделий, состоящий из следующих видов действий:

- оперативное управление, сводящееся к построению календарного плана выполнения работ по различным группам станков;
- работа технологической подсистемы, начинающаяся с некоторым отставанием ΔT_3 , необходимым для первоначального составления календарного плана работ, время работы этой подсистемы – ΔT_5 ;
- диспетчирование, то есть отслеживание текущей ситуации в технологической подсистеме и внесение в нее корректив, отставание от начала работы на время ΔT_4 необходимо для оценки изменения в $T_{\chi\Pi}$.

Диспетчирование запуска оканчивается одновременно с завершением технологической работы.

Проанализируем соотношения некоторых времен по рис. 4.

Простой технологической подсистемы недопустим, поэтому интервал времени ΔT_6 от начала действий до окончания объемного планирования должен быть меньше, чем время ΔT_5 работы технологических подразделений. Для общего сокращения времени предусматривается выполнение последовательно-параллельных действий (работ). Резервные времена T_{p1} и T_{p2} необходимы для ликвидации непредвиденных ситуаций, выполнение внеплановых работ, работы подсистем САПР ТП, АСУТП и других подразделений организации по сопровождению в производстве управленческих и технологических решений. Поэтому период смещения времени ΔT_c от начала действий по предшествующему запуску (n) до начала работы по следующему ($n+1$) определяется из условий:

$$\begin{cases} \Delta T_c + \Delta T_7^{n+1} + \Delta T_6^{n+1} + \Delta T_{p2} \leq \Delta T_5^n + \Delta T_6^n + \Delta T_3^n, \\ \text{при } \Delta T_7^{n+1} + \Delta T_6^{n+1} + \Delta T_{p1} + \Delta T_{p2} \leq \Delta T_5 + \Delta T_3. \end{cases} \quad (3)$$

Выражение (3) можно переписать в виде:

$$\begin{cases} \Delta T_c \leq \Delta T_5 + \Delta T_6 + \Delta T_3 - \Delta T_7^{n+1} - \Delta T_6^{n+1}, \\ \text{при } \Delta T_5^n \geq \Delta T_7^{n+1} + \Delta T_6^{n+1} + \Delta T_{p1} + \Delta T_{p2} - \Delta T_3^n. \end{cases} \quad (4)$$

Индексы n и $n+1$ соответствуют порядковым номерам двух смежных запусков.

Когда имеется возможность совмещения времени объемного планирования следующего $(n+1)$ -го запуска со временем работ по технологии подготовки производства или временем объемного планирования n -го запуска, то время ΔT_7^{n+1} из формул (4) исключается; когда имеется возможность совмещения работ по сопровождению технологии n -го запуска и ликвидации непредвиденных ситуаций ΔT_{p1} или ΔT_{p2} с временем технологии подготовки производства $(n+1)$ -го запуска, то они также исключаются из формул 4.

Эти условия характеризуют нормальные условия работы в САПР ТП и АСУТП и правильную координацию работ системой управления организацией и ПС, что выражается следующей формулой:

$$\begin{cases} \Delta T_c \leq \Delta T_5^n + \Delta T_6^n + \Delta T_3^n - \Delta T_6^{n+1}, \\ \text{при } T_5^n \geq \Delta T_6^{n+1} - \Delta T_3^n. \end{cases} \quad (5)$$

Время цикла (Ц) от момента предварительного отбора заказов до окончания выпуска изделий в Т_ХП определяет время работы ПС:

$$\text{Ц} = \Delta T_6^n + \Delta T_5^n + \Delta T_3^n + P. \quad (6)$$

Учитывая, что предварительный отбор заказов должен быть совмещен по времени с другими работами, и обозначив ΔT_8^n как длительность проведения технологии подготовки производства, а ΔT_9^n как время объемного планирования, получаем формулу

$$\text{Ц} = \Delta T_8^n + \Delta T_9^n + \Delta T_3^n + P, \quad (7)$$

которая может видоизменяться в зависимости от некоторых дополнительных возможных совмещений работ во времени.

Длительность цикла работы ПС характеризует уровень организации в ней процедур принятия решений и совершенства управления.

Время ΔT_8^n характеризует в том числе и время автоматизированной разработки технологических процессов и средств технологического оснащения, то есть совершенство алгоритмов и программных средств, обеспечивающих проектные процедуры.

Время ΔT_5^n характеризует время работы Т_ХП над выполнением всего объема изделий запуска. Величина этого времени будет

свидетельствовать об оптимальности формирования календарного плана, уровне организации работ и эффективности алгоритмов управления диспетчирования производством, умении согласовывать во времени станочные, сборочные работы и работы, прерывающие технологический процесс (сварка, термическая обработка, работы, выполняемые сторонними организациями).

Авторами был проведен анализ структуры временных затрат ΔT_5^n , необходимых для изготовления изделий при параллельном, последовательном и последовательно-параллельном видах выполнения работ, что позволило определить связи допускаемых значений времени начала и окончания при определении сроков запуска заказов.

Опыт ООО “Нефтегазгеофизика” по созданию производственной системы

В соответствии с приведенной классификацией работ, выполненной на основе технологических процессов изготовления деталей и приборов, а также средств технологического оснащения, предложен состав подразделений ТХП (рис. 5) и механообрабатывающих подразделений (рис. 6).

Учитывая, что обрабатываемые детали разнятся по массе, оказалось целесообразным токарные и фрезерные участки представить в виде станков разного вида (рис. 7, 8). С целью создания предпосылок

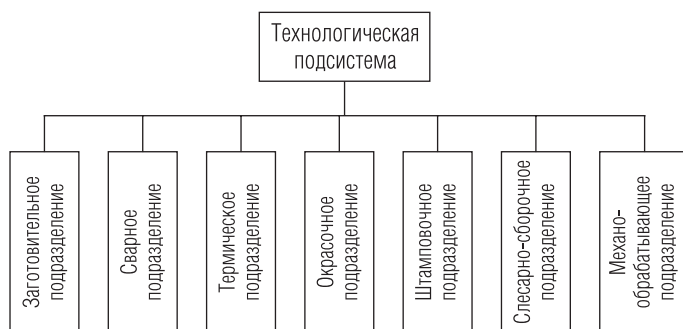


Рис. 5. Состав подразделений технологической системы

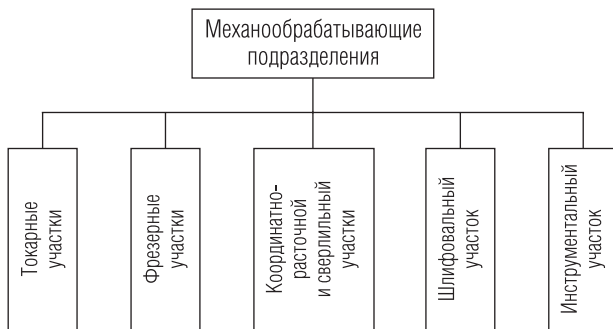


Рис. 6. Состав механообрабатывающих подразделений

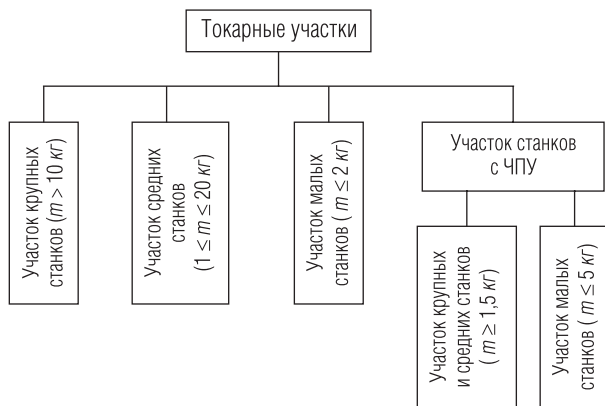


Рис. 7. Состав токарных участков

эффективного управления технологической подсистемой на уровне САПР ТП, предлагаемое оборудование имеет частично общие области по реализации технологических процессов. На рис. 9 показаны области технологических возможностей токарного оборудования. Применение оборудования с ЧПУ будет отвечать принципам концентрации, автоматизации и гибкости.



Рис. 8. Состав фрезерных станков

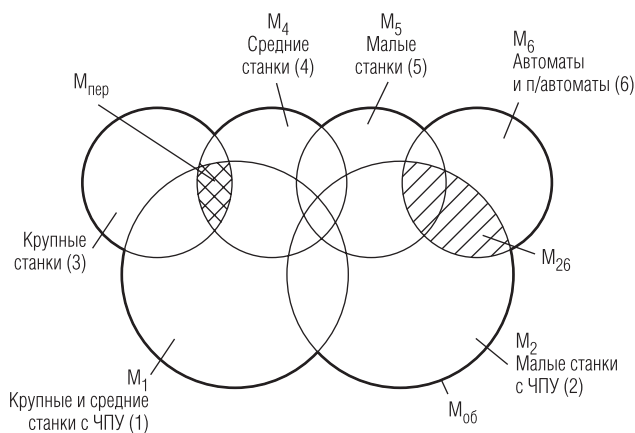


Рис. 9. Области технологических возможностей токарных станков

Использование фрезерных центров с ЧПУ позволило перекрыть технологические возможности фрезерных, координатно-расточных и сверлильных станков (рис. 10).

Аналогично был решен вопрос с составом оборудования для заготовительного отделения для резки сортового профильного проката (круглый, квадратный, специальные профили). Там наряду с

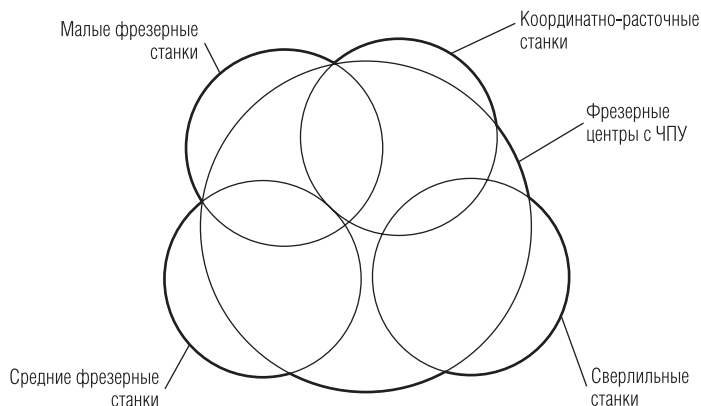


Рис. 10. Перекрытие технологических возможностей станков разных типов

ножовочными пилами, ленточными станками, обладающими высокой производительностью и работающими в автоматическом цикле, применяются пилы Геллера, охватывающие весь диапазон размеров оборудования первых двух типов, но в основном используемые для резки проката диаметром более 90 мм.

В подразделении термической обработки также используется закалочное оборудование двух типов: камерные печи для деталей длиной $l \leq 860$ мм и шахтные для деталей длиной $l \leq 1600$ мм, то есть перекрывающие друг друга в части типоразмеров деталей.

В сварочном подразделении применяется оборудование для ручной дуговой сварки, полуавтомат для сварки в среде углекислого газа и аппарат для ручной аргонодуговой сварки. Аппараты имеют области перекрытия по величине свариваемого шва и свариваемым материалам, в частности по конструкционным и нержавеющей сталям.

В остальных подразделениях технологической системы (окрасочное, шлифовальное, инструментальное, штамповочное) нет лимитирования по мощностям, так как оборудование загружено на 30–45% и перекрытие технологических возможностей необязательно.

При малой загрузке станков участка предусмотрено многостаночное обслуживание и их догрузка изделиями основного производства и оснасткой, то есть реализуется принцип гибкости.

Сводная загрузка по основным производственным подразделениям представлена на рис. 11. Указанная загрузка подразделений Т_хП обосновывается следующим:

1. Шлифовальный участок загрузить полностью невозможно по технологическим соображениям, но приведенный состав оборудования необходим. Численность рабочих на участке меняется с учетом многостаночного обслуживания.
2. Инструментальный участок должен успевать изготавливать оснастку и специнструмент, поэтому его загрузка несколько ниже производственных подразделений (фрезерных, токарных и т. п.). Догружается внеплановыми изделиями.
3. Заготовительный участок не должен сдерживать запуск в производство приборов, поэтому должен иметь значительные резервы производительности с целью быстрой и заблаговременной подготовки заготовок.

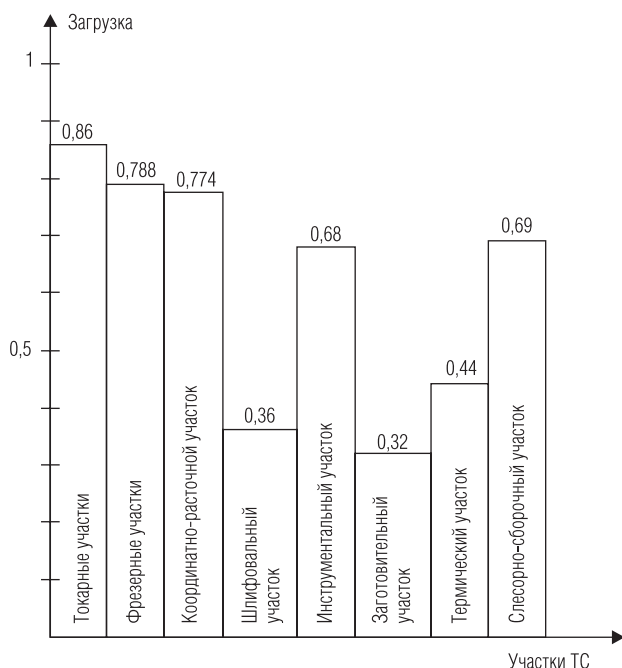


Рис. 11. Сводная загрузка подразделений Т_хП

4. Невысокая загрузка термического участка должна позволить избежать очередей на выполнение соответствующих операций и в результате сократить время прерывания технологического процесса механической обработки, следовательно, и производственный цикл изготовления приборов.
5. Загрузка слесарно-сборочного участка принята несколько ниже, чем в основных механообрабатывающих подразделениях, что позволит не накапливать запасы готовых к сборке деталей и ритмично выпускать приборы.

Загрузка остальных подразделений технологической системы по аналогичным соображениям колеблется в пределах 0,35–0,6.

Следует отметить, что откорректированный в соответствии с вышеприведенными соображениями состав подразделений ТХП в условиях базового предприятия показал достаточную жизнеспособность и соответствие расчетным данным по производительности.

Повышение плановой загрузки подразделений до 0,9–0,95 возможно лишь в условиях организации синхронизированного потока, что свойственно крупносерийному и единичному производству. В условиях единичного и мелкосерийного производства указанное действие практически всегда приведет к срыву сроков выполнения заказов.

Дозагрузка оборудования возможна лишь за счет внеплановых работ с длительными сроками выполнения (больше, чем время выполнения плановых заданий).

С целью конструкторской унификации были разработаны стандарты предприятия (СТП) на большую группу узлов, деталей и элементов деталей общим числом более 70. Это позволило сократить время не только на конструкторские разработки, но и уменьшить время технологической подготовки за счет применения типовой и модульной технологии, а также затраты на переналадку оборудования и по инструменту за счет обработки с одной настройки деталей, имеющих унифицированные элементы. Таким образом, конструкторская унификация явилась предпосылкой эффективного применения автоматизированного оборудования с ЧПУ в условиях единичного и мелкосерийного производства, ускорения технологической подготовки производства.

На предприятии также введена система автоматизированного (с участием человека) управления технологическими процессами на

основе технологических карт с временами выполнения операции как первый этап разработки комплексной САПР ТП–АСУТП.

Внедрение перечисленных мероприятий позволило вдвое увеличить основные объемы производимой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова В. Н., Денисов А. А. Основы теории систем и системного анализа. Спб.: СПбГТУ, 1999. 211 с.
2. Жук Д. М. CAD/CAE/CAM – системы высокого уровня для машиностроения // Информационные технологии. 1995. № 6. С. 22–26.
3. Кафаров В. В., Палюх Б. В., Перов В. Л. Решение задачи технической диагностики непрерывного производства с помощью интервального анализа. Доклады Академии наук СССР. 1990. Т.3.11. № 3. С. 677–680.
4. Колчин А. Ф., Овсянников М. В., Стрекалов А. Ф., Сумароков С. В. Управление жизненным циклом продукции. М.: Анархсис, 2002. 304 с.
5. Машиностроение. Энциклопедия. Т. III-3. Технология изготовления деталей машин / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, Ю. Ф. Назаров и др.; Под общ. ред. А. Г. Суслова. М.: Машиностроение, 2000. 840 с.