

На правах рукописи

УДК 658.5

Бурчаков Алексей Юрьевич

Разработка метода сокращения длительности производственного цикла механообрабатывающих процессов в условиях мелкосерийного и серийного производства

Специальность 05.02.22 – Организация производства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Москва 2003



Работа выполнена в Московском Государственном Техническом Универ-
ситете им. Н.Э. Баумана.

Научный руководитель: д.т.н., проф. Колобов А.А.

Официальные оппоненты: д.э.н., проф. Парамонов Ф.И.
к.т.н., доц. Мазуров Э.Б.

Ведущая организация: АООТ НИИ экономики, управления и
организации производства

Защита состоится «15» мая 2003 г. в 14'50 час. на заседании
диссертационного совета Д 212.141.05 в Московском Государственном Тех-
ническом Университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 105005, г. Москва, 2-я
Бауманская ул., д.5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ им. Н.Э. Бау-
мана.

Ваш отзыв на автореферат в одном экземпляре, заверенный печатью, про-
сим направлять по указанному адресу.

Телефон для справок: 267-09-63.

Автореферат разослан 14 апреля 2003 г.

Учёный секретарь диссертационного совета

к.т.н., доц.



Силаева Л.А.

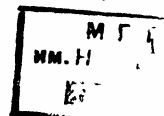
Актуальность исследования. В России в последнее время наместилась тенденция к росту промышленного производства, стали появляться достаточно эффективные промышленные предприятия, которые от решения задач выживания предприятия на рынке перешли к задачам развития производства и расширения своей доли рынка. В этой связи, среди российских предприятий повышается потребность в организации качественного управления производственными процессами.

Особую роль в управлении машиностроительным предприятием играет оперативно-производственное планирование как центральное звено системы управления предприятием, одной из важнейших функций которого является составление и оптимизация календарных графиков. Система управления должна не только выявлять дефицит ресурсов предприятия и выполнять функцию регулирования, но и осуществлять оптимальное планирование, распределяя ресурсы и строя расписания работ наилучшим образом.

Основной проблемой системы оперативного управления производством является слабый контроль над незавершённым производством. В результате, в незавершённом производстве оказывается задействованной значительная часть оборотных средств, возрастает длительность производственного цикла, что, в свою очередь, ведёт к сбоям в ритмичности производственного процесса, дефициту финансовых средств и, как следствие, к ухудшению финансовой устойчивости предприятия, к уменьшению прибыли за период и сокращению возможностей для инвестиций в развитие производства за счёт собственных средств.

Существующие методы решения задач оперативно-производственного планирования (ОПП), разработанные отечественными учёными (Канцегоген Б.Я., Татевосова К.Г., Петрова В.А., Шкурба В.В., Португал В.М., Колобов А.А. и другие), в основном, были разработаны в период функционирования советской экономики, и в большинстве своём основаны на выполнении объёмных расчётов и плановых нормативов. Как правило, в них решаются узконаправленные задачи, привязанные к конкретным производственным условиям, что ограничивает применение этих методов. В условиях рыночной экономики, где главными целями промышленных предприятий являются прибыль и конкурентоспособность, большую роль играет способность предприятия гибко подстраиваться под изменяющуюся рыночную среду. Поэтому, современные методы ОПП должны обеспечивать оптимизацию ресурсов предприятия для повышения его финансовой устойчивости и гибкости производства, обладая при этом универсальностью.

Таким образом, существует потребность в дальнейшем научном развитии вопросов совершенствования оперативно-производственного планирования на основе экономико-математических методов. Это и определяет актуальность данной работы.



Цель работы. Целью настоящей диссертационной работы является совершенствование системы ОПП на базе разработанных экономико-математических методов построения универсального алгоритма, обеспечивающего сокращение производственного цикла обработки деталей на основе построения рациональных календарных планов-графиков производственных процессов.

Основные задачи. Для достижения поставленной цели в настоящей работе решались следующие задачи:

- 1) Проведение анализа моделей производственных систем и существующих методов оптимизации календарных планов-графиков производственного процесса с целью выявления недостатков существующих методов и обоснования актуальности разработки метода, не обладающего выявленными недостатками.
- 2) Исследование производственных процессов и постановка задачи минимизации длительности производственного цикла в условиях разнонаправленных технологических маршрутов.
- 3) Выбор и обоснование метода для решения поставленной задачи.
- 4) Разработка алгоритма сокращения длительности производственного цикла для производственного процесса с разнонаправленными технологическими маршрутами с использованием выбранного метода.
- 5) Разработка блок-схемы для реализации алгоритма при помощи алгоритмических языков программирования.
- 6) Разработка условий создания и обеспечения работы системы построения оптимального план-графика производственного процесса в комплексе оптимизации машиностроительного предприятия.
- 7) Расчёт экономической эффективности от внедрения метода.

Предметом исследования являются вопросы теории и методы оперативно-производственного управления на промышленном предприятии.

Объектом исследования является метод сокращения длительности производственного цикла механообрабатывающих процессов в условиях мелкосерийного и серийного производства.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в работе использовались теория организации производства (в частности, методы оперативно-производственного планирования), принципы построения экономико-математических моделей, методы математического программирования, методы теории расписаний, численные методы математических расчётов, в том числе разработанные диссертантом.

Научная новизна исследования отражена в следующих выносимых на защиту результатах.

- 1) Разработан концептуальный подход к разработке системы ОПП, позволяющий создавать универсальные алгоритмы оптимизации порядка запуска деталей, применимые для любых производственных условий,

в том числе для производственных процессов с разнонаправленными технологическими маршрутами.

- 2) Построена экономико-математическая модель задачи календарного планирования многономенклатурного производства, учитывающая разнонаправленность технологических маршрутов обработки и возвратные движения деталей по операциям производственного цикла.
- 3) Разработан метод построения календарных планов работы производственного участка, позволяющий путём применения методов оптимизации однонаправленных производственных процессов строить календарные графики производственного процесса с разнонаправленными технологическими маршрутами.
- 4) Разработан итеративный эвристический метод построения эффективных календарных графиков производственных процессов с разнонаправленными технологическими маршрутами, позволяющий сокращать производственный цикл обработки и снижать величину оборотных средств, связанных в незавершённом производстве.
- 5) Разработан метод создания алгоритмов оптимизации порядка запуска деталей при помощи алгоритмических языков программирования.
- 6) Создано программное обеспечение, реализующее разработанный алгоритм.

Практическая ценность работы. Разработанный в диссертации метод позволяет предприятию:

- 1) повысить эффективность распределения ресурсов предприятия при проведении календарного планирования;
- 2) сократить производственный цикл обработки группы деталей, проходящих обработку в пределах какой-либо производственной единицы;
- 3) сократить размер оборотных средств, связанных в незавершённом производстве;
- 4) снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Апробация и реализация результатов исследования. Основные результаты исследований диссертационной работы были использованы при оптимизации календарных план-графиков производственного процесса на предприятии ООО «НОКС», при осуществлении оперативного планирования работ на ЗАО «Консулейт Карго Интернешнл».

Публикации. По теме диссертационной работе опубликовано 3 печатные статьи.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трёх глав, заключения, библиографического списка литературы и приложения.

Содержание работы.

Во введении обоснован выбор темы диссертации, её актуальность, связь с народнохозяйственными проблемами; сформулированы цели и задачи, научные положения, защищаемые диссертантом, структура диссертации.

В первой главе – «Анализ существующих моделей производственных систем и методов оптимизации календарных графиков производства» – диссертационной работы проанализированы существующие модели производственных систем и основанные на них методы оптимизации календарных планов-графиков производственного процесса, произведена постановка целей и задач работы.

Для разработки, своевременной корректировки и организации выполнения наиболее выгодных для предприятия оптимальных планов необходимы действенные методы. Эти цели достигаются благодаря оперативно-производственному планированию, а точнее, благодаря решению одной из его задач – оптимизации календарных планов-графиков производства.

Установление производственного задания, в том числе и на самый короткий плановый отрезок календарного времени, с помощью любого из методов объёмного или объёмно-календарного планирования ещё не решает в дискретном производстве проблему конкретной во времени загрузки технологического оборудования. Различие в трудоёмкости технологических операций при изготовлении деталей может привести к затруднениям при практическом размещении плана производства работ на конкретном составе технологического оборудования. Достичь эффективной загрузки станков и свести к минимуму общую продолжительность обработки деталей в производстве возможно за счёт установления рациональной очерёдности их обработки.

Существующие методы оптимизации календарных планов-графиков производства можно разделить на следующие основные классы:

- логическое моделирование;
- математическое программирование;
- методы, основанные на сетевых моделях производства;
- статистическое моделирование;
- методы оптимизации в условиях разнонаправленных производственных процессов.

Все существующие на сегодняшний день методы обладают одним или несколькими из следующих основных недостатков:

- 1) Привязанность метода к конкретным условиям производства, вследствие чего значительно затрудняется разработка универсального алгоритма построения и оптимизации плана-графика.
- 2) Применимость метода только для условий производственного процесса с однонаправленными технологическими маршрутами.
- 3) Чрезмерная сложность и громоздкость метода. Следствием этого недостатка является значительно затруднённая его программная реали-

зация, так как повышается трудоёмкость программного описания операций над переменными.

Таким образом, в работе ставится цель создания универсального метода оптимизации календарных планов-графиков производства, который применим для любых условий производственного процесса и относительно прост для реализации программными средствами.

Во второй главе – «Разработка метода сокращения длительности производственного цикла в условиях разнонаправленного технологического маршрута обработки» - произведена постановка задачи минимизации длительности производственного цикла, разработан метод сокращения производственного цикла в условиях как однонаправленных, так и разнонаправленных технологических маршрутов и эвристический итерационный алгоритм, реализующий разработанный метод. Задача построения пооперационных календарных план-графиков обработки деталей заданной совокупности относится к классу комбинаторных, оптимизационных задач большой размерности. Формализованно модель производственного участка может быть представлена в следующем виде. Имеется производственный участок, состоящий из множества рабочих мест $P = \{P_q / q=1..m\}$. Среди рабочих мест могут быть группы однотипных рабочих мест, число которых по каждой q -ой группе: $W_q^{пар}$. За производственной системой закреплено множество наименований деталей $D = \{D_i / i=1..n\}$ с размером обработочной партии $n^{пар}_i$. Детали i -го наименования проходят обработку по g_i операциям ($g_i \neq 0$), каждая из которых $j = 1..g_m$ характеризуется длительностью t_{ij} и группой рабочих мест η_{ij} , на которых она выполняется. Операции по деталям всех наименований образуют множество деталеопераций $\tau = \{\tau_i, i = 1..s\}$, где $s = \sum_{i=1}^m g_i$. Детали каждого наименования имеют свой технологический маршрут обработки $M = \{M_i, i = 1..m\}$. После введения некоторых упрощений в целях простоты изложения модель производственного участка примет вид: n – количество деталей, m – количество станков и очередей обработки (операций), t_{ij} – длительность обработки детали i на станке j , p_{ij} – номер очереди обработки детали i на станке j . Здесь под очередью обработки понимается порядковый номер операции над деталями, если считать от начала производственного процесса. В качестве критерия оптимальности календарного плана-графика работы производственного участка принят минимум связанных оборотных средств в незавершенном производстве. Этот критерий связан прямо пропорциональной зависимостью с критерием минимума длительности производственного цикла:

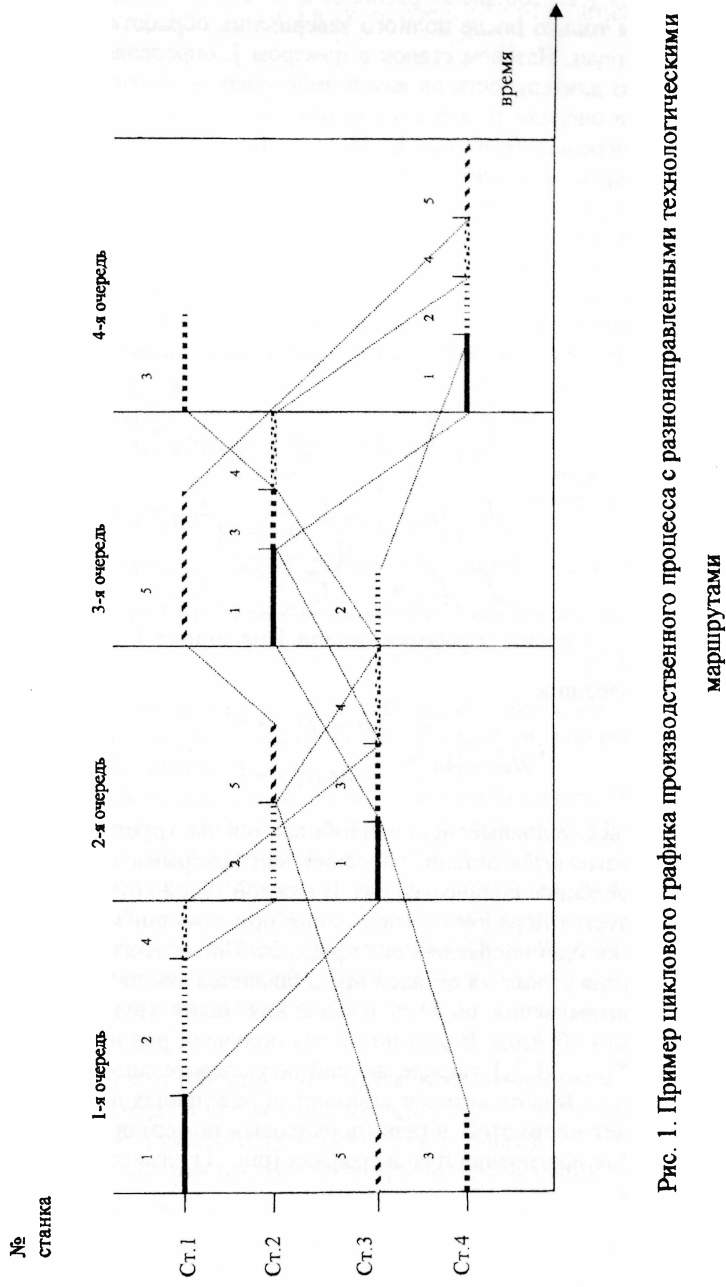
$$C_{пр}^{зан} = T_0 \sum_i \left(K_i \sum_k q_{k,i} C_k \right), \quad (1)$$

где $C_{пр}^{зан}$ – величина оборотных средств, связанных в незавершенном производстве; K_i – количество производимой продукции i -го наименования в единицу времени; q_{kj} – затраты k – го материального ресурса на единицу

продукции i -го наименования; C_k^1 – стоимость единицы k – го ресурса; T_{π} – длительность производственного цикла. Следовательно, критерий минимума величины оборотных средств в незавершенном производстве можно свести к критерию минимума длительности совокупного производственного цикла при условии соблюдения комплектности деталей на выходе из рассматриваемого производственного участка. В работе приводится обоснование целесообразности использования данного критерия оптимальности, а также критериев верхних уровней системы ОПП.

Согласно принятому критерию оптимальности, целевой функцией $Z(\pi, x)$ является длительность производственного цикла $F(\pi)$, которая характеризует время обработки деталей D на рабочих местах P в порядке, заданном перестановкой деталеопераций π . Расписание π^* является оптимальным решением, т.е. $F(\pi^*) = \min_{\pi \in \Omega} F(\pi)$, где Ω – множество допустимых расписаний, получаемых перестановками деталеопераций τ на множестве P .

Предлагаемый метод построения расписания, оптимального по критерию минимальной длительности совокупного производственного цикла, можно отнести к аналитико-приоритетным методам дискретной оптимизации. В то же время, стратегия достижения наилучшего решения (оптимума) соответствует стратегии эвристических итеративных методов решения оптимизационных задач. Вычислительный процесс в таких методах начинается с некоторого пробного, допустимого решения, а затем применяется алгоритм, обеспечивающий последовательное улучшение этого решения. Процесс таких проб продолжается до тех пор, пока не станет ясно, что, либо дальнейшее улучшение невозможно (достигнут оптимум), либо оно нецелесообразно, поскольку улучшение результата не окупит дополнительных затрат. Такие алгоритмы характерны тем, что, обеспечивая в процессе решения достижение определённо эффективного результата, не отвечают на вопрос, как далёк или близок выявленный результат оптимальному решению. В основу предлагаемого метода положены корректируемые алгоритмы, которые характеризуются возможным изменением уже назначенных моментов начала выполнения операций в ходе дальнейшего составления расписания. Алгоритм состоит из двух основных стадий. На первой стадии алгоритма определяется план-график, являющийся начальным допустимым решением для эвристического алгоритма. На второй стадии применяется сам эвристический алгоритм. Для определения начального допустимого решения производственный процесс с разнонаправленными технологическими маршрутами с помощью ряда условий допущений, не противоречащих условиям задачи, приводится к состоянию, в котором применим матричный алгоритм оптимизации производственного процесса с однонаправленными производственными маршрутами. Пусть мы имеем план-график производственного процесса с разнонаправленными технологическими маршрутами, пример которого изображён на рисунке 1,



с каким-либо случайным порядком запуска деталей. На этом плане-графике все деталиеоперации расположены так, что каждая очередь обработки начинается только после полного завершения обработки деталей на предыдущей очереди. Назовём станок с номером j , определяющий максимальную суммарную длительность на какой-либо очереди обработки p , критическим станком на очереди p , а последовательность номеров критических станков для всех очередей обработки: $j_{кр1}, j_{кр2}, \dots, j_{кр m}$ – критическим путём.

Для сокращения длительности производственного цикла на данном этапе достаточно рассмотреть последовательность расположения только тех деталиеопераций, которые входят в критический путь.

Можно показать, что сам по себе критический путь можно представить как производственный процесс с однонаправленным технологическим маршрутом, который состоит из так называемых условных деталиеопераций, длительности которых рассчитываются следующим образом:

		1	...	i	...	n
Номера критических станков	$j_1^{кр}$	$t_{1,j_1}^{кр}$	...	$t_{i,j_1}^{кр}$	...	$t_{n,j_1}^{кр}$
	$j_k^{кр}$	$t_{1,j_k}^{кр}$	...	$t_{i,j_k}^{кр}$	...	$t_{n,j_k}^{кр}$
	$j_m^{кр}$	$t_{1,j_m}^{кр}$	...	$t_{i,j_m}^{кр}$	...	$t_{n,j_m}^{кр}$

где $t_{i,j_k}^{кр}$ – время обработки детали i на станке j , являющемся критическим на очереди k .

$$t_{i,j_k}^{кр} = \begin{cases} 0 & , \text{ если } p_{i,j_k} \neq k \\ t_{i,j_k}^{кр} & , \text{ если } p_{i,j_k} = k \end{cases} \quad (2)$$

Далее все условные детали разбиваются на группы так, что в каждой группе оказываются детали, операции над которыми входят в критический путь определённое количество раз. В каждой такой группе условных деталей оптимизируется порядок их следования при помощи матричного алгоритма оптимизации однонаправленного процесса. После этого каждая оптимизированная группа условных деталей представляется как отдельная деталь, и проводится оптимизация порядка следования таких групп условных деталей аналогичным образом. В результате мы получаем ряд наименований деталей $D_{зап} = \{d_{зап1}, \dots, d_{зап n}\}$, определяющий последовательность запуска деталей в производство. Место, которое занимает определённая деталь в этой цепочке, и определяет место этой детали (порядковый номер) при её запуске в производство. Для построения плана-графика (рис. 1) рассчитываются следующие параметры:

1. Время начала деталиеопераций: t_{ij}^H – сумма длительностей всех предыдущих очередей обработки плюс сумма длительностей обработок всех деталей, обрабатывающихся на станке j в ту же очередь, что и деталь i , до обработки детали i .

$$t_{i,j}^H = \sum_{k=1}^{P_{ij}-1} t_k^{oc} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \in P_{j,k} \\ d_i < d_i^*}}^{i^*-1} t_{ij} \quad (3)$$

где d_i – элемент ряда $D_{зан}$, определяющий порядок запуска детали i в производство; i^* – номер детали, над которой происходит рассматриваемая деталиеоперация; $t_k^{oc} = \max_j \left\{ \sum_{i \in P_{j,k}} t_{i,j} \right\}$ – длительность обработки k -ой очереди, где

$P_{j,k}$ – множество деталиеопераций, принадлежащих к группе, обрабатывающейся на станке j в очередь k , т.е. таких деталиеопераций, для которых $p_{ij} = k$.

2. Время окончания деталиеопераций: $t_{ij}^{ок} = t_{ij}^H + t_{ij}$.

3. Простой станка j перед каждой деталиеоперацией (i,j) :

$$q_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_{i,j}^H \neq t_k^{oc} \text{ при } p_{i,j} = k \\ t_k^{oc} - t_{j,k-1}^{oc}, & \text{если } t_{i,j}^H = t_k^{oc} \text{ при } p_{i,j} = k \end{cases}, \quad (4)$$

где $t_k^{oc} = \sum_{i=1}^{k-1} t_i^{oc}$ – время начала обработки каждой очереди, т.е. время начала

обработки каждой группы деталиеопераций, которые имеют место на одном и том же станке в одну и ту же очередь k ; $t_{j,k}^{oc} = t_k^{oc} + \sum_{i \in P_{j,k}} t_{i,j}$ – время

окончания обработки группы деталиеопераций, которые имеют место на одном и том же станке j в одну и ту же очередь k , $P_{j,k}$ – множество номеров деталей, обрабатывающихся на станке j в очередь k .

Далее в полученном плане-графике (рис. 1) моменты начала выполнения всех деталиеопераций переносятся ближе к началу производственного процесса, и строится план-график. Минимально возможный момент времени, на который можно перенести назад начало выполнения деталиеоперации (i,j) , определяется максимальной из двух величин: времени освобождения станка j после обработки предыдущей детали, обрабатывающейся на этом станке, и времени окончания обработки данной детали i на предыдущей очереди. Т.е., для каждой деталиеоперации (i,j) проверяется условие:

$$t_{i,j}^{ок} \geq t_{i,j}^{ок}, \quad (5)$$

где j^* – станок, на котором обрабатывалась деталь i на предыдущей операции (очереди обработки), т.е. для которого $p_{ij^*} = p_{ij} - 1$, а i^* – деталь, обрабатываемая непосредственно перед деталью i на станке j .

Если условие (5) выполняется, то параметры деталиеопераций изменяются следующим образом:

$$\begin{aligned} t_{ij}^H &= t_{ij}^{OK}; \\ q_{ij} &= t_{ij}^H - t_{i^*,j}^{OK}; \\ t_{ij}^{OK} &= t_{ij}^H + t_{ij}. \end{aligned} \quad (6)$$

Если это условие не выполняется, то параметры принимают значения:

$$\begin{aligned} t_{ij}^H &= t_{i^*,j}^{OK}; \\ q_{ij} &= 0; \\ t_{ij}^{OK} &= t_{ij}^H + t_{ij}. \end{aligned} \quad (7)$$

Таким образом мы получаем план-график с параллельным видом обработки, который и является начальным решением для последующего применения эвристического алгоритма (рис. 2).

На второй стадии алгоритма производится пошаговое улучшение полученного в первой части начального плана-графика с применением эвристического итерационного метода оптимизации. На каждом своем шаге алгоритм ищет некоторую возможность улучшить план-график (в данной задаче – сократить длительность производственного цикла) и, найдя такую возможность, реализует путём замены местами так называемых стыковочных деталеопераций со смежными деталеоперациями, происходящими на этом же станке непосредственно перед рассматриваемой стыковочной деталеоперацией. Стыковочная деталеоперация – это деталеоперация с которой деталь передаётся на следующую смежную деталеоперацию без пролёживания и которая входит в так называемый лимитирующий путь, т.е. цепочку деталеопераций, сумма длительностей которых составляет производственный цикл. Лимитирующий путь заканчивается лимитирующей деталеоперацией (i_{lim}, j_{lim}), т.е. деталеоперацией с самым поздним сроком окончания. Пример плана-графика с определением лимитирующего пути и стыковочных деталей представлен на рисунке 2.

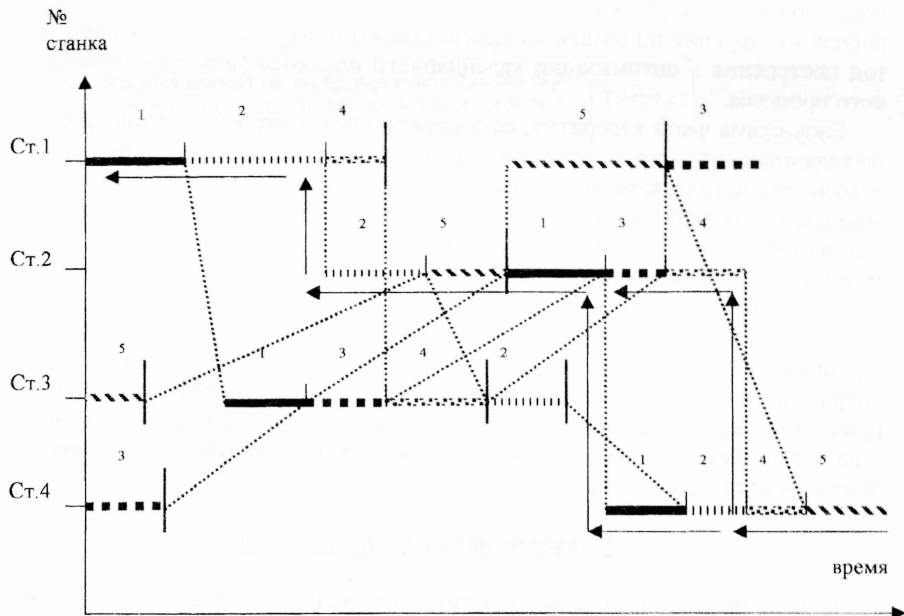
В работе приводится обоснование того, что замена местами стыковочной деталеоперации с предшествующей ей деталеоперацией приводит к локальному улучшению критерия оптимизации на каждой итерации алгоритма. Таким образом, на каждой итерации эвристического алгоритма делается попытка решить задачу оптимизации длительности производственного цикла. Критерием является минимум целевой функции, рассчитываемой по формуле:

$$T_u = t_{i_{lim}, j_{lim}}^{OK} \rightarrow \min, \quad (8)$$

т.е. длительность производственного цикла приравняется к моменту окончания лимитирующей деталеоперации. Ограничениями задачи являются длительности деталеопераций и номера очередей обработок каждой деталеоперации:

$$\begin{aligned} \{t_{ij} > 0\}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m; \\ \{p_{ij} > 0\}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m. \end{aligned} \quad (9)$$

Переменными параметрами рассматриваемой задачи оптимизации являются значения элементов рядов D_j , определяющие порядок запуска деталей в производство: $\{d_{ij} > 0\}, i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, m$. Смысл переменной d_{ij} ,



Лимитирующий путь: 1-2 – 2-5-1 – 1-2-4-5, стыковочные детали: 1, 2.
 Лимитирующий путь: 1-2 – 2-5-1-3-4 – 4-5, стыковочные детали: 2, 4.

Рис.2. Пример определения лимитирующего пути и стыковочных деталей

являющейся элементом ряда номеров (наименований) деталей, заключается в том, что если переменная d_{kj} имеет значение i , то это означает, что деталь i обрабатывается на станке j на k -ом месте от начала производственного процесса.

На заключительном этапе работы эвристического алгоритма производится упорядочивание деталяеопераций в горизонтальных цепочках (т.е. в пределах одного станка) с условием, что это не приведёт к изменению времени начала смежных деталяеопераций на других станках. Алгоритм прекращает свою работу, когда он больше не может найти деталяеоперации, сдвиг которых приведёт к сокращению производственного цикла.

В третьей главе – «Разработка системы построения оптимальных планграфиков производственных процессов в условиях машиностроительного производства» изложен метод реализации алгоритма оптимизации порядка запуска деталей при помощи алгоритмических языков программирования. Построены блок-схемы алгоритма и его частей. На рисунке 3 представлена

общая блок-схема рассматриваемого алгоритма. В работе приводится подробная инструкция по созданию программного продукта, реализующего метод построения и оптимизации календарного плана-графика производственного процесса.

Блок-схема части алгоритма, осуществляющей построение плана-графика по заданным параметрам, представлена на рисунке 4. Сначала строится план-график для последовательного вида обработки, и затем моменты начала выполнения деталей операций сдвигаются влево по описанным выше правилам. Как видно из этой схемы, здесь перебор очередей обработок идёт по параметру k , перебор номеров станков – по параметру j , а перебор номеров деталей – по параметру i .

Уделено внимание вопросам создания и обеспечения работы системы построения оптимального план-графика производственного процесса в системе оперативно-производственного планирования машиностроительного предприятия, схеме функционирования комплекса оптимизации планов производства, основываясь на практике создания таких систем на отечественных машиностроительных предприятиях.

Основные выводы и результаты.

- 1) Разработан универсальный метод построения и оптимизации календарных планов-графиков многономенклатурного производства, применимый как в условиях однонаправленных, так и разнонаправленных технологических маршрутов, что позволяет применять метод в любом производстве с минимальной адаптацией к конкретным производственным условиям.
- 2) Построена экономико-математическая модель задачи календарного планирования многономенклатурного производства, учитывающая разнонаправленность технологических маршрутов обработки и позволяющая решать задачу сокращения величины производственного цикла в таких условиях.
- 3) Разработан метод построения календарных планов работы производственного участка, позволяющий путём применения методов оптимизации однонаправленных производственных процессов строить календарные графики производственного процесса с разнонаправленными технологическими маршрутами. Этот метод позволяет строить календарные планы-графики таких производственных процессов, имея минимальную начальную информацию: трудоёмкости операций и технологические маршруты деталей. Метод позволяет построить календарный план-график с некоторым допустимым расписанием обработки деталей, что необходимо для дальнейшего применения эвристических алгоритмов оптимизации.

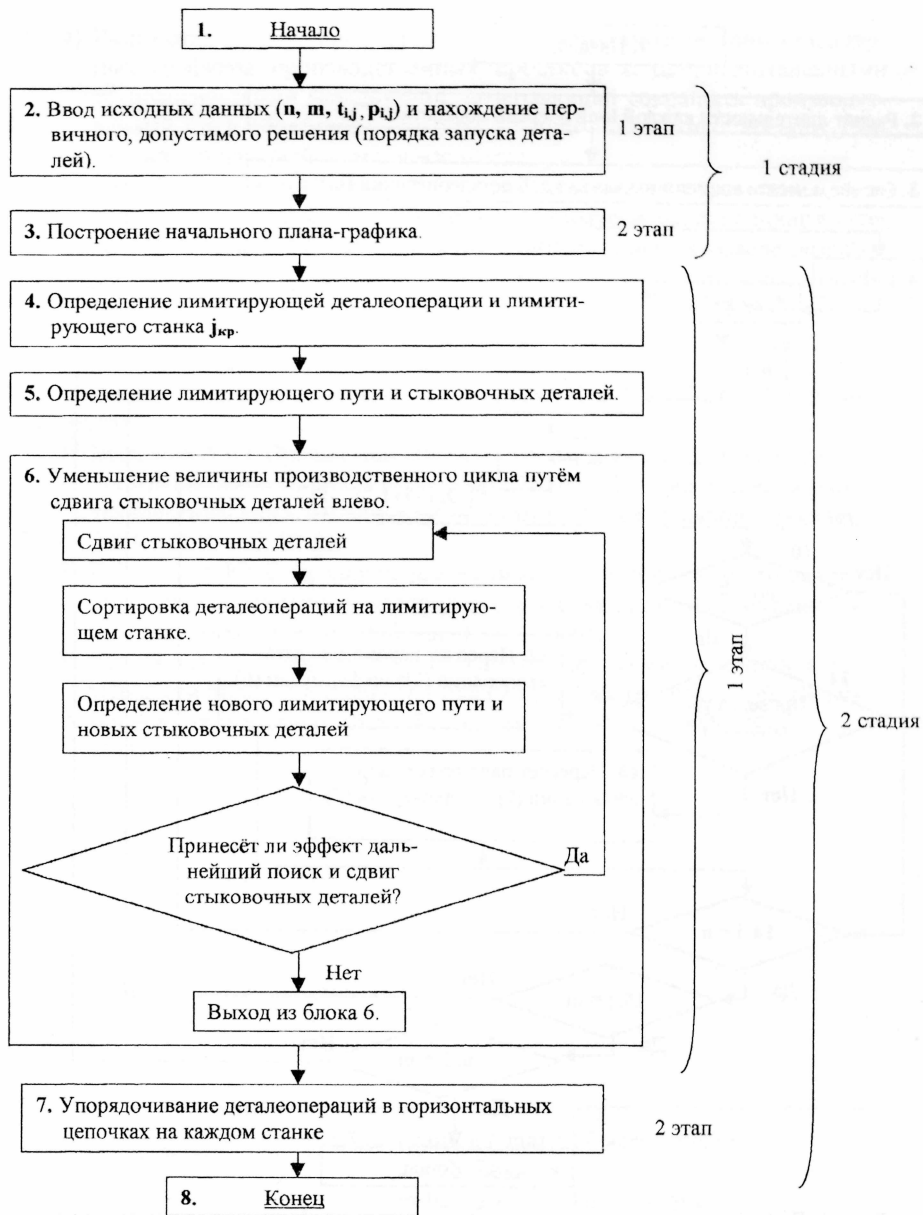


Рис. 3. Основная блок-схема алгоритма сокращения производственного цикла изделий в условиях разнонаправленного технологического маршрута

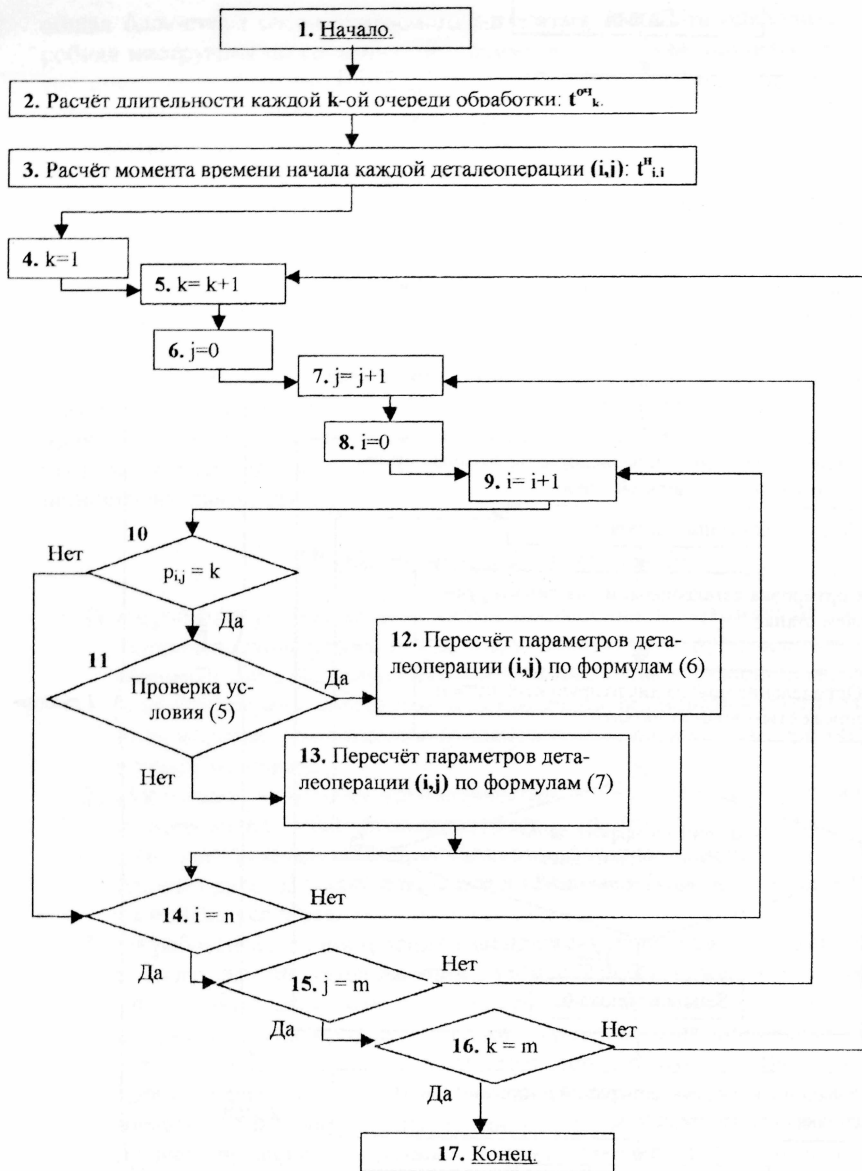


Рис. 4. Блок-схема алгоритма построения плана-графика по заданным параметрам

- 4) Разработан итеративный эвристический метод оптимизации календарных графиков производственных процессов с разнонаправленными технологическими маршрутами, позволяющий сокращать производственный цикл обработки и снизить величину оборотных средств, связанных в незавершённом производстве.
- 5) Разработана система построения оптимальных план-графиков производственных процессов в условиях машиностроительного производства. Построена блок-схема алгоритма оптимизации на основе разработанных методов, позволяющая программистам создавать программные продукты на любом алгоритмическом языке программирования.
- 6) Создано программное обеспечение в среде Turbo Pascal 7.0., реализующее разработанный алгоритм.

Основное содержание диссертации отражено в следующих опубликованных работах:

- 1) Бурчаков А.Ю. Организационный метод сокращения длительности производственного цикла обработки деталей с разнонаправленными технологическими маршрутами / Известия ВУЗов. Машиностроение, 2001. - № 4. – С. 72-80.
- 2) Бурчаков А.Ю. Сокращение длительности производственного цикла при разнонаправленных маршрутах обработки деталей / Известия ВУЗов. Машиностроение, 2002. - № 1. – С. 61-65.
- 3) Колобов А.А., Бурчаков А.Ю. Разработка метода минимизации длительности производственного цикла в условиях групповой обработки машиностроительных деталей / Машиностроитель, 2002. - № 6. – С. 25-32.

Подписано к печати 17 марта 2003 г.

Заказ № 47.

Объём 1,2 п.л. Тир. 100 экз.

Типография МГТУ им. Н.Э. Баумана