

УДК 621.9-114.003.13

Д.С. Пахомов, Т.Н. Гребнева

ОСОБЕННОСТИ НОРМИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Предложен новый подход к нормированию времени операции, выполняемой на станках с ЧПУ. Представлена блок-схема расчета нормы штучного времени.

Ключевые слова: нормирование операций, станки с ЧПУ, время цикла станка, хронограмма, норма штучного времени, вспомогательное время, подготовительно-заключительное время.

В связи с возрастающим парком станков с ЧПУ на отечественных предприятиях необходимо правильно нормировать затраты времени оборудования и оператора при обработке деталей на данных станках. Затраты времени оборудования определяются временем его работы без участия оператора за время цикла и зависят от степени его автоматизации. Затраты времени оператора определяются приемами, которые он выполняет за время цикла. При этом приемы, которые выполняет оператор, могут быть совмещены или выполняться последовательно с автоматической работой станка. Также оператор может обслуживать один или несколько станков с ЧПУ.

На станках с ЧПУ согласно ГОСТ 23004 [1] «Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении», используются и могут совмещаться следующие методы выполнения технологической операции или ее части: кооперированно-ручной метод, автоматизированно-ручной метод, автоматизированный метод, автоматический метод.

Для первых трех из указанных методов *цикл выполнения операции* ($T_{ц}$), состоит из действий станка (ДС) и действий оператора (ДО) и определяется интервалом календарного времени от начала до конца периодически повторяющейся технологической операции независимо от числа одновременно изготавливаемых деталей. Также при нормировании необходимо учитывать, что время цикла станка может быть постоянным и плавающим. *Постоянный цикл* возможен только при полной автоматизации работ по программе, без каких либо изменений и очень высокой надежности процесса. *Плавающий цикл* имеет определенный диапазон колебания из-за непостоянства действий оператора и возможных изменений, которые могут быть внесены в процессе цикла работы станка, а также случайных факторов, приводящих к прерыванию цикла обработки. Поэтому перед началом нормирования необходимо составлять хронограмму цикла обработки детали на станке и только после этого приступать к технологическому нормированию времени операции.

При производстве деталей на станках с ЧПУ устанавливают норму времени на одну деталь. Норма времени на одну деталь в соответствии с ГОСТ 3.1109 [2], состоит из следующих частей:

- нормы штучного времени ($T_{н.шт}$);
- нормы подготовительно-заключительного времени ($T_{н.п.з}$).

Норму подготовительно-заключительного времени составляют время на подготовку средств производства и рабочего к выполнению технологической операции и время на приведение их в первоначальное состояние после окончания технологической операции.

Норма подготовительно-заключительного времени включает:

$$T_{н.п.з} = T_{п.з.орг.} + T_{п.з.н.} + T_{п.з.п.обр.} \quad (1)$$

где $T_{п.з.орг}$ – время на организационную подготовку, которое предусматривает: получение наряда, получение и сдачу (после обработки партии деталей) чертежа, технологической документации, программоносителя, режущего, вспомогательного и контрольно-измерительного инструмента, приспособления, доставку заготовок к станку, ознакомление с выполняемой работой, чертежом, технологической документацией, инструктаж мастера и др.

$T_{п.з.н.}$ – время на наладку станка, которое предусматривает: установку и снятие крепежного приспособления и режущих инструментов; установку программоносителя в считывающее устройство и снятие его; программирование непосредственно на рабочем месте; настройку нулевого положения, режимов обработки и др.

$T_{п.з.п.обр}$ – время на пробную обработку деталей по программе, которое предусматривает: время обработки детали по программе, время на выполнение приемов, связанных с измерением детали, вычислением коррекции, введением величин коррекции в систему ЧПУ, и вспомогательные приемы управления станком и системой ЧПУ и др.

Рассмотренные составляющие времени $T_{н.п.з}$ могут выполняться оператором или наладчиком или могут быть автоматизированными при соответствующем уровне автоматизации работ.

Штучное время – интервал времени, равный отношению цикла технологической операции к числу одновременно изготавливаемых деталей:

$$T_{шт} = T_{ц} / N_{од}, \quad (2)$$

где $N_{од}$ – число одновременно изготавливаемых деталей за время цикла, шт.;

$T_{ц}$ – цикл технологической операции, мин.

Норма штучного времени - норма времени на выполнение объема работы, равной единице нормирования, при выполнении технологической операции.

Норма времени на одну деталь (штуку) с учетом подготовительно-заключительного времени равна:

$$T_{н.шт} = T_{ц} / N_{од} + T_{н.п.з} / N_{п}, \quad (3)$$

где $N_{п}$ – число деталей в партии запуска, шт.

Эту норму времени принято называть штучно-калькуляционное время, однако в ГОСТ 3.1109 [1] нет такого понятия и определения.

При обработке деталей на станках с ЧПУ возможны следующие варианты:

- за время цикла обрабатывается одна деталь;
- за время цикла обрабатывается несколько деталей одновременно;
- за время цикла обрабатывается несколько деталей, установленных в разных приспособлениях (то есть цикл рассчитан на несколько установок детали), но со станка снимается только одна готовая деталь.

При первом и третьем вариантах $N_{од} = 1$ получается, что $T_{шт} = T_{ц}$ и тогда норма времени на одну деталь:

$$T_{н.шт} = T_{шт} + T_{н.п.з} / N_{п}. \quad (4)$$

Норма времени на операционную партию:

$$T_{н. парт} = T_{шт} \cdot N_{п} + T_{н.п.з}. \quad (5)$$

Норма штучного времени согласно ГОСТ 3.1109 [1] состоит из следующих составляющих: t_o – основное время t_v – вспомогательное время $t_{обс}$ – время обслуживания рабочего места, $t_{пот}$ – время на личные потребности.

$$T_{шт} = t_o + t_v + t_{обс} + t_{пот}. \quad (6)$$

Тогда при нескольких одновременно обрабатываемых деталях формула (4) примет вид:

$$T_{\text{н.шт}} = (t_o + t_v + t_{\text{обс}} + t_{\text{пот}}) / N_{\text{од}} + T_{\text{н.п.з}} / N_{\text{п}}. \quad (7)$$

В соответствии с ГОСТ 23004 [1] штучное время состоит из следующих времен: ручного, кооперированно-ручного, неперекрытого ручного, машинно-ручного, полного ручного, неперекрытого машинного, полного машинного управления, периодического управления, непрерывного управления.

Рассмотрим подробнее, из каких затрат времени при обработке детали на станке с ЧПУ состоит каждая из составляющих штучного времени, дифференцируя их на затраты времени работы станка по программе и затраты времени, которые связаны с выполнением приемов оператором. Для этого используем справочную и специальную литературу, определения ГОСТ [1, 2], а также производственные наблюдения, которые выполнялись на участке многооперационных станков с ЧПУ.

Норма основного времени t_o это норма времени на достижение непосредственно цели данной технологической операции или перехода по качественному и (или) количественному изменению предмета труда. Данная норма времени для станков с ЧПУ является **машинным временем** ($t_{\text{о.м.а}}$).

Данное время составляет сумму выполнения различных переходов, которые могут выполняться *последовательно, параллельно, последовательно-параллельно*.

По существу основное время состоит из времени резания и времени движения на рабочей подаче без изменения свойств поверхности:

$$t_{\text{о.м.а}} = \sum_i^I (t_{\text{рези}} + t_{\text{xi}}), \quad (8)$$

где $t_{\text{рези}}$ – время резания i -го инструмента, мин;

t_{xi} – время движения на рабочей подаче i -го инструмента без осуществления процесса резания, мин.

В данном случае есть некоторое отклонение от формулировки ГОСТ[1], так как в течение времени движения на рабочей подаче t_x не осуществляется качественного и количественного изменения предмета труда.

Для станков с ЧПУ это время выполняется по программе, и в соответствии с ГОСТ [1] является *неперекрытым машинным временем*. Но для некоторых типов современных станков с ЧПУ данное время может быть перекрываемым *машинным временем*, например, при обработке деталей на двухшпиндельном станке с ЧПУ с возможностью параллельной работы двумя инструментальными головками.

Вспомогательное время t_v - это часть штучного времени, затрачиваемая на выполнение приемов, необходимых для обеспечения изменения и последующего определения состояния предмета труда. Вспомогательное время может быть *ручным, кооперированно-ручным, машинным, или машинно-ручным*, а также *перекрываемым или неперекрываемым* [2].

Норма вспомогательного времени - норма времени на осуществление действий, создающих возможность выполнения основной работы, являющейся целью технологической операции или перехода.

Разделим это время на время вспомогательной машинной работы станка $t_{\text{в.м}}$ (по программе) и время простоя станка, связанное с действиями оператора $t_{\text{в.оп}}$:

$$t_v = t_{\text{в.м}} + t_{\text{в.оп}}, \quad (9)$$

где $t_{\text{в.м}}$ – время вспомогательное машинной работы станка, мин;

$t_{\text{в.оп}}$ – время вспомогательное, связанное с действиями оператора за время цикла, мин.

Время машинной вспомогательной работы станка состоит из следующих составляющих:

$$t_{в.м} = \sum t_{уст} + \sum t_{х.х} + \sum t_{зам} + \sum t_{контр} / Z_k + \sum t_{уп}, \quad (10)$$

где $t_{уст}$ – время установки, закрепления и раскрепления, снятия детали, или деталей (это время может быть совмещено со временем обработки, если например, на станке есть сменный стол), мин;

$t_{х.х}$ – время холостых ходов включает: перемещение рабочих органов станка на ускоренной подаче, поворот стола, на котором закреплена заготовка, перемещение спутника на станок, подвод датчика касания и др., мин;

$t_{зам}$ – время, затрачиваемое на замену инструмента из инструментального магазина в шпиндель и обратно, поворот резцедержателя и т.д., мин;

$t_{контр}$ – время, затрачиваемое на контрольные измерения обрабатываемых поверхностей, подлежащих контролю на рабочем месте, мин. Включает: очистку обрабатываемых поверхностей перед измерением, снятие заусенцев, осмотр детали, измерение. Это время может быть включено во время машинной работы станка по программе за счет применения измерительных головок (при активном контроле данное время может быть перекрываемым), или совмещено со временем обработки, если поверхности контролируются после снятия детали со станка. Если измерение производится через определенное число деталей Z_k , то норма времени на деталь будет составлять: $t_{контр} / Z_k$.

$t_{уп}$ – время управления станком (по программе, упорам и т.д.): включение и выключение шпинделя и охлаждения, технологические паузы и т.д.

Вспомогательное время простоя станка, связанное с действиями оператора $t_{в.оп}$ за время цикла, состоит из таких же составляющих, только выполняемых оператором. Вспомогательное время может выполняться полностью автоматически по программе, а может частично совмещать действия, выполняемые оператором, с действиями, выполняемыми программой, что в основном зависит от конструкции и особенностей конкретного станка, степени его автоматизации, количества суппортов или инструментальных головок, рабочих позиций и т.д.

Сумма норм основного и не перекрываемого им вспомогательного времени составляет *норму оперативного времени*. Определение нормы оперативного времени, возможно, только путем составления хронограммы, отражающей неперекрываемые действия оператора $t_{в.оп.н}$ и неперекрываемой машинной работой станка $t_{м.а.н}$, и с учетом времени их перекрытия ($t_{п}$) (рис. 1).

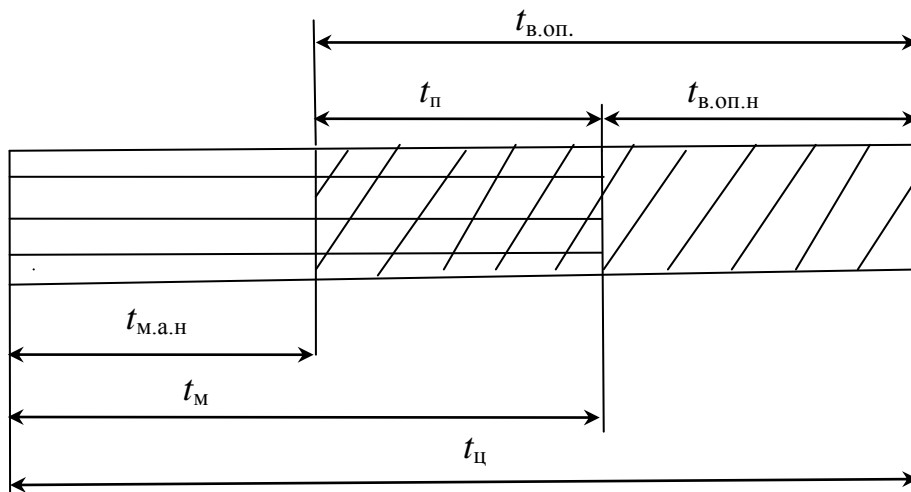


Рис. 1. Пример хронограммы для определения составляющих оперативного времени при перекрытии времени машинной работы и времени затрачиваемого оператором $t_{в.оп}$

Время обслуживания рабочего места $t_{\text{обс}}$ – это часть штучного времени, затрачиваемая исполнителем на поддержание средств технологического оснащения в работоспособном состоянии и уход за ними и рабочим местом. Время $t_{\text{обс}}$ определяется суммой времен

$$t_{\text{обс}} = t_{\text{техн. обс}} + t_{\text{орг. обс}}, \quad (11)$$

где $t_{\text{техн. обс}}$ – время технического обслуживания, мин;

$t_{\text{орг. обс}}$ – время организационного обслуживания, мин.

Время организационного обслуживания аналогично подготовительно-заключительному времени, но затрачиваемому в течение смены.

Время технического обслуживания можно разложить на следующие составляющие:

$$t_{\text{техн. обс}} = t_{\text{см}} + t_{\text{под}} + t_{\text{струж}}, \quad (12)$$

где $t_{\text{см}}$ – время на смену инструмента вследствие потери им режущих свойств, отнесенное к одной детали, включая и время настройки инструмента на размер, составит: $t_{\text{см}} / Z_{\text{T}}$, где Z_{T} – число деталей, обработанных до замены инструмента, шт.;

$t_{\text{под}}$ – время подналадки режущего инструмента, связанное с износом режущей части, мин. Под *подналадкой* понимается дополнительная регулировка технологического оборудования и (или) технологической оснастки при выполнении технологической операции для восстановления достигнутых при наладке значений параметров. *Время подналадки* включает: осмотр инструмента, подналадку (если инструмент регулируемый) или введение коррекции на размер в устройстве ЧПУ, правку режущей кромки абразивным бруском и др.

Время подналадки, отнесенное к одной детали составит:

$$t_{\text{под}} / Z_{\text{под}}, \text{ или } (t_{\text{под}} / Z_{\text{T}}) \cdot m,$$

где $Z_{\text{под}}$ – число деталей, обработанных до подналадки;

m – число (плановых) подналадок до замены инструмента (если число подналадок не регламентировано, то m – будет величина случайная). Время подналадки включает: осмотр инструмента, подналадку (если инструмент регулируемый) или введение коррекции на размер в устройстве ЧПУ, заправка режущей кромки абразивным бруском и др.;

$t_{\text{струж}}$ – время на сметание и периодическую уборку стружки в процессе работы;

$t_{\text{орг. обс}}$ – время организационного обслуживания, мин. Это время аналогичное подготовительно-заключительному времени, но затраченное в течение смены. Поэтому для его определения необходимо делить его значение на количество деталей, изготавливаемых в течение смены: $t_{\text{орг. обс}} / Z_{\text{дет см}}$.

Время организационного обслуживания должно входить в дополнительное время, а время технического обслуживания – во время цикла.

Время на личные потребности $t_{\text{пот}}$ – часть штучного времени, затрачиваемая оператором на личные потребности и, при утомительных работах, на дополнительный отдых. При варианте полной автоматизации работы оборудования составляющую штучного времени $t_{\text{пот}}$ не нормируют.

Нормы времени $t_{\text{орг. обс}}$ и $t_{\text{пот}}$ обычно определяют по нормативам в процентах от оперативного времени, т.е. в этом случае получается, чем больше оперативное время, тем больше необходимо времени на личные потребности и отдых оператору. Поэтому данные времена при расчетах на одну деталь должны рассчитываться по формуле:

$$(t_{\text{орг. обс}} + t_{\text{пот}}) / Z_{\text{дет. в смену}},$$

где $Z_{\text{дет. в смену}}$ – количество деталей обработанных в течение смены, шт.

Цикл обработки на станке с ЧПУ может также включать случайные перерывы в работе $t_{\text{случ}}$.

Случайные перерывы можно разложить на следующие составляющие:

$$t_{\text{случ}} = t_{\text{отказ}} + t_{\text{внеш}} + t'_{\text{см}} + t'_{\text{под}} + t'_{\text{рег}}, \quad (13)$$

где $t_{\text{отказ}}$ – время на устранение отказов устройства ЧПУ и механизмов станка;
 $t_{\text{внеш}}$ – время простоев станка, связанных с внешними факторами: отключение электроэнергии, не выход на работу или отсутствие оператора, организационные простои и т.д.;
 $t'_{\text{см}}$ – время на замену инструмента при случайных отказах режущего инструмента (при организации замены инструмента по фактическому состоянию, выходе инструмента из строя раньше регламентированной замены, поломке в случае сбоя в УЧПУ и др.);
 $t'_{\text{под}}$ – время незапланированных подналадок инструмента;
 $t'_{\text{рег}}$ – регулировка режимов резания или программы.

На рис. 2 приведены две диаграммы, которые показывают, как может изменяться время цикла в течение смены (наблюдения проводились путем хронометража в течение ряда смен на станке 6Т12МФ4). Основными причинами колебания времени цикла ($t_{\text{случ}}$), приведенными на рис.1, являются: отключение электроэнергии (1-я смена, 3-я деталь); изменение режима резания при возникновении вибраций (1-я смена с 5-й детали, 2-я смена с 4-й детали); замена инструмента (2-я смена, 7-я деталь); выход из строя электроавтоматики станка (2-я смена, 9-я деталь); остановки станка, связанные с осмотром инструмента (2-я смена, 2-я и 6-я детали); подналадка станка в связи с получением бракованной детали (2-я смена, 8-я деталь). Из приведенных графиков (рис. 2) видно, что доля, составляющая время случайных факторов в данном производстве, довольно высока.

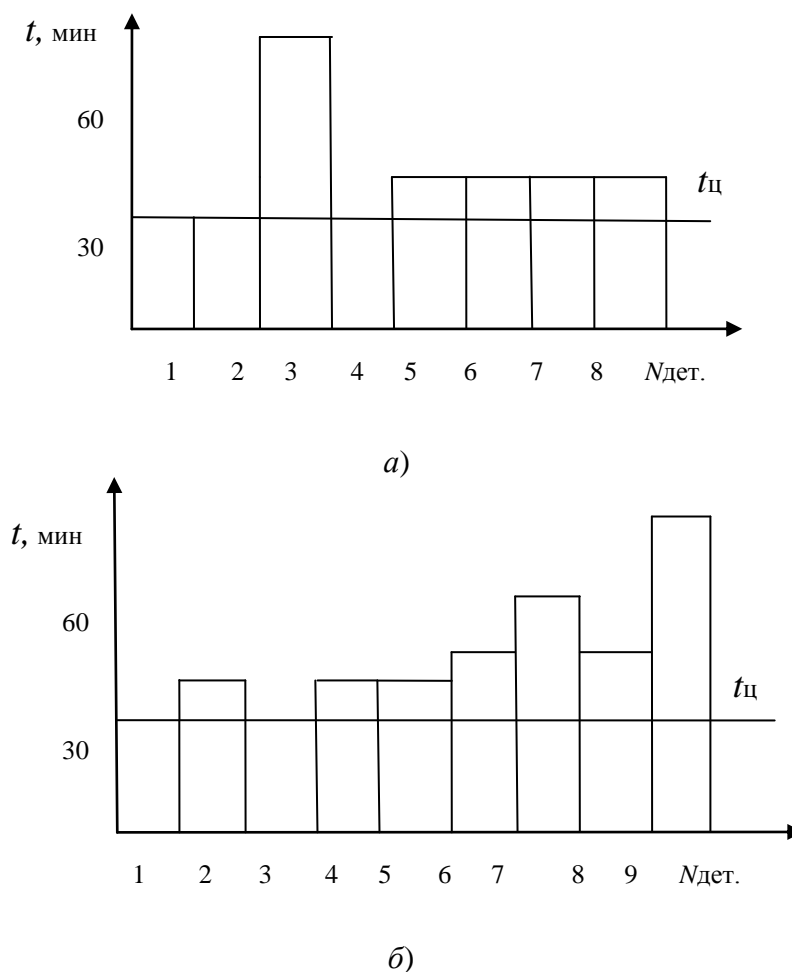


Рис. 2. Изменение времени цикла с учетом случайных факторов при обработке детали на станке 6Т13МФ4:
 а – в первую смену; б – во вторую смену

Поэтому при определении времени длительности цикла, которое фактически состоит из основного и вспомогательного машинно-автоматического времени, времени вспомогательного неперекрываемого, затраченного оператором, времени технического обслуживания, необходимо также учитывать влияние случайных факторов:

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{о.м.}} + t_{\text{в.м.}} + t_{\text{в.оп.н.}} + t_{\text{техн. обс}} + t_{\text{случ}}. \quad (14)$$

В результате проведенного анализа составляющих норму времени на штуку для станков с ЧПУ, можно записать:

$$T_{\text{н.шт}} = \frac{\sum t_{\text{о.м.}}^* + \sum t_{\text{в.м.}}^* + \sum t_{\text{в.оп.н.}} + \sum t_{\text{тех.обс}} + \sum t_{\text{случ}}}{N_{\text{од}}} + \frac{\sum (t_{\text{орг.обс}} + t_{\text{пот}})}{Z_{\text{дет. см}}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{N_{\text{п}}}. \quad (15)$$

* - составляющие нормы времени могут быть перекрываемыми в процессе изготовления деталей на станках с ЧПУ.

Представленная зависимость для расчета нормы времени на штуку может также быть использована при рассмотрении вопросов, связанных с эффективностью изготовления, организацией производства и др.

Время на организационное обслуживание и потребности составляют дополнительные затраты времени, которые необходимо нормировать отдельно на рабочую смену:

$$T_{\text{д}} = t_{\text{орг. об}} + t_{\text{пот}}. \quad (16)$$

При этом в течение времени организационного обслуживания рабочий выполняет действия, которые должны также быть учтены и оплачены.

Если оператор не налаживает станок (налаживает станок наладчик), то норма выработки в смену определяется:

$$N_{\text{в. см}} = (T_{\text{см}} - T_{\text{д}}) / T_{\text{ц}}, \quad (17)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность смены в мин.

Если оператор налаживает обслуживаемый станок, то норма выработки определяется:

$$N_{\text{в. см}} = [T_{\text{см}} - (T_{\text{д}} + T_{\text{п.з}} / N_{\text{п}})] / T_{\text{ц}}, \quad (18)$$

где $T_{\text{п.з}} / N_{\text{п}}$ – подготовительно-заключительное время приходящееся на одну деталь (при многостаночном обслуживании данные числителя необходимо умножить на количество обслуживаемых станков – n).

Уровень полного ручного времени, затраченного оператором, тогда составит:

$$d_{\text{оп}} = t_{\text{в.оп}} / T_{\text{ц}}, \quad (19)$$

где $t_{\text{в.оп}}$ – время, затрачиваемое оператором на выполнение приемов в течение цикла.

На рис. 3 представлена блок-схема алгоритма действий при расчете $T_{\text{н.шт}}$ и определении трудозатрат оператора на станке с ЧПУ.

Исходными данными для расчета нормы времени на штуку и затрат времени оператора являются:

1. Партия запуска деталей $N_{\text{п}}$.
2. Оборудование и степень автоматизации рабочего места.
3. Разработанный технологический процесс и управляющая программа.
4. Хронограмма работы.

Правильное нормирование затрат времени рабочего позволит обоснованно оплачивать его трудозатраты и при необходимости решать вопрос об обслуживании оператором нескольких станков.

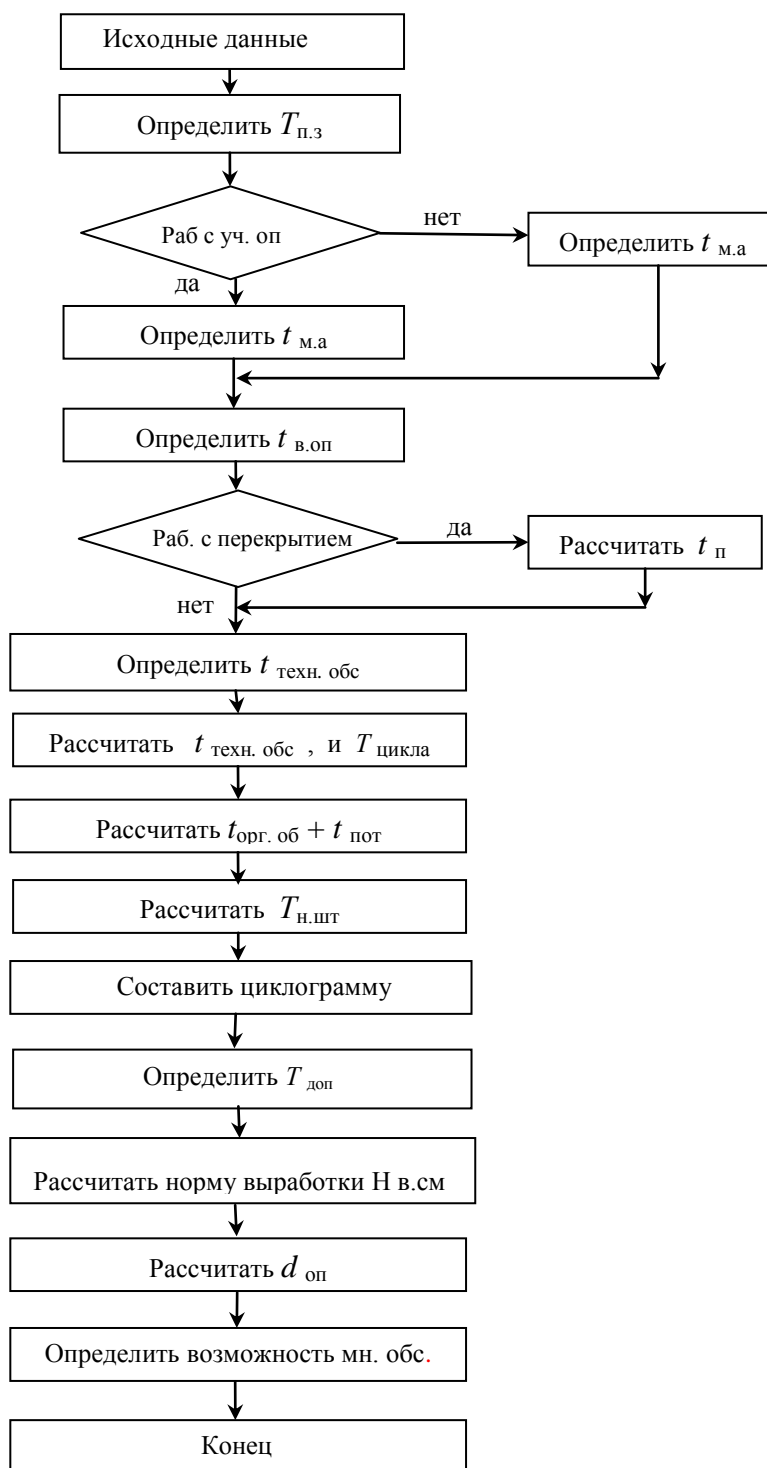


Рис. 3. Алгоритм нормирования времени операции для станков с ЧПУ

Библиографический список

1. ГОСТ 23004-78 Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении и приборостроении. Основные термины, определения и обозначения. – М.: Издательство стандартов, 1978.

2. **ГОСТ 3.1109-82** Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий. – М.: Издательство стандартов, 2003.
3. **Справочник нормировщика** / А.В. Ахумов, Б.М. Генкин, Н.Ю. Иванов [и др.]; под общ. ред. А.В. Ахумова. – Л.: Машиностроение, 1987.

*Дата поступления
в редакцию 09.04. 2015*

D.C. Pahomov, T.N. Grebneva

**FEATURES OF SETTING OF NORMS OF OPERATIONS
FOR MACHINE-TOOLS WITH NUMERICAL CONTROL**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alexeev

The new going is offered near setting of norms of time of operation executable on machine-tools with numerical control. It touches also setting of norms of time on organizational service and time on the personal necessities. The flow-chart of calculation of piece time is presented.

Key words: setting of norms of operations, machine-tools with numerical control, time of cycle of machine-tool, piece time, auxiliary time preparatory-final.