Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Управление системами и процессами»
для студентов направления

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»,

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6.

1. Общие положения

Производственный процесс – это совокупность взаимосвязанных процессов труда и естественных процессов, направленных на изготовление определённой продукции [8].

Производственный процесс по своей структуре и содержанию неоднороден: он состоит из многочисленных частичных процессов, которые делятся на *основные*, или *технологические*, *вспомогательные* и *естественные*. Совокупность частичных процессов образует структуру производственного процесса.

При выполнении основных (технологических) процессов у предмета труда изменяются:

- форма и размеры (например, при обработке материалов резанием, ковкой, штамповкой);
- внутреннее состояние или качество (термическая обработка);
- внешний вид (покраска, гальванопокрытия);
- взаимное положение его частей (сборка и монтаж изделия).

Вспомогательные процессы способствуют протеканию технологических (основных) процессов. Примерами вспомогательных процессов могут служить транспортировка предметов труда, работа ремонтного, инструментального и некоторых других цехов, которые обслуживают основные процессы производства машин.

Естественными процессами считают такие, которые осуществляются в ходе основного или вспомогательного процессов, но не нуждаются в применении труда. К ним относятся, например, естественная сушка окрашенных изделий, остывание отливок, затвердевание клея.

Производственный процесс любого машиностроительного предприятия является сложным, распадающимся на множество простых, элементарных трудовых процессов, совершаемых над отдельными частями данного изделия. Да и само изделие (автомобиль, станок, турбина и др.) есть сложный продукт труда, состоящий из отдельных элементарных частей. Изготовление каждой такой составной части изделия называют *простым процессом*. Он состоит из последовательно выполняемых над данной деталью (заготовкой) технологических действий – операций. Сборку изделия называют *сложным процессом*. Его также можно разбить на ряд последовательно выполняемых операций, в результате которых из отдельных деталей составляют сборочные единицы и в конечном итоге – готовое изделие [2].

Основные задачи в организации производственного процесса: определить цикл простого процесса при различных видах движения партии деталей (заготовок); определить цикл сложного процесса; создать оптимальную планировку на производственных площадях оборудования и других средств технологического оснащения для реализации производственного процесса.

В рамках данного практического занятия решается задача определения цикла простого процесса при различных видах движения партии деталей (заготовок) в производстве.

2. Простой производственный процесс

Производственный процесс в первую очередь характеризуется производственным циклом $T_п$ – интервалом календарного времени от начала до окончания процесса изготовления детали.

Производственный цикл является суммой технологического цикла, времени перерывов в производстве в связи с регламентом работы и пролеживанием заготовки или изделий между операциями.

Основная часть производственного цикла – технологический цикл $T_т$, состоящий из операционных циклов $T_{опi}$. Операционный цикл – это продолжительность законченной части технологического процесса, выполняемой на одном рабочем месте:

$$T_{оп\,i} = n \cdot T_{шт.к} / \omega_i, \qquad (39)$$

где n – размер партии деталей (заготовок), шт; $T_{шт.к}$ – штучно-калькуляционное время (норма времени) на операцию, мин/шт; ω_i – число рабочих мест на операции, шт.

Технологический цикл многооперационного процесса не является арифметической суммой операционных циклов. Его длительность зависит от способа передачи деталей (заготовок) с операции на операцию (вида движения): последовательного, параллельно-последовательного, параллельного.

При последовательном виде движения вся партия заготовок передаётся на последующую операцию лишь после окончания обработки всех заготовок на предыдущей операции. Длительность цикла технологического процесса в этом случае определяется суммой операционных циклов

$$T_{т.пос} = n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i, \qquad (40)$$

где u – количество операций технологического процесса.

Длительность производственного цикла $T_{п.пос}$ включает кроме того, естественные процессы $T_е$, межоперационные перерывы $T_{мо}$ и перерывы, связанные с режимом работы $T_{реж}$:

$$T_{п.пос} = n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i + T_е + u \cdot T_{мо} + T_{реж} . \qquad (41)$$

Для определения производственного цикла в календарных днях следует принимать во внимание длительность рабочей смены $T_{см}$, число смен в сутки f и соотношение между рабочими и календарными днями в году «к». Количество рабочих дней ежегодно изменяется, но в расчетах можно принимать $к \approx 258 / 365 \approx 0{,}706$ [8] .

Таким образом, производственный цикл, выраженный в календарных днях, определяется формулой

$$T_{п.пос} = \frac{1}{T_{см} \cdot f \cdot к}\left(n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i + u \cdot T_{мо} \right) + \frac{T_е}{24} . \qquad (42)$$

При параллельно-последовательном виде движения детали (заготовки) с операции на операцию передаются транспортными партиями $n_т$, или поштучно ($n_т = 1$). При этом происходит частичное совмещение времени выполнения смежных операций, а вся партия n обрабатывается на каждой операции без перерывов. Длительность технологического цикла $T_{т.пп}$ в этом случае меньше, чем при последовательном виде движения, на суммарную величину совмещения операционных циклов:

$$T_{т.пп} = T_{т.пос} - \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i , \qquad (43)$$

а длительность производственного цикла

$$T_{п.пп} = n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i - \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i + u \cdot T_{мо} + T_е + T_{реж}, \qquad (44)$$

где τ_i – время совмещения смежных операций, мин.

Этот вид движения, сокращая время пролеживания, уменьшает продолжительность всего процесса. Степень параллельности работ в производственном цикле характеризуется коэффициентом параллельности

$$К_{п.п} = T_{п.пп} / T_{п.пос} . \qquad (45)$$

Следует учитывать соотношение операционных циклов на предыдущей и последующей операциях. Если операционный цикл на предыдущей операции меньше, чем на последующей, т. е. $T_{оп_i} < T_{оп_{i+1}}$, обработка транспортной партии на последующей операции возможна сразу после окончания обработки её на предыдущей, так как будет создан необходимый задел, обеспечивающий непрерывную работу на последующей операции. В этом случае для двух смежных операций длительность цикла

$$T_{т.пп} = T_{т.пос} - \tau_i ;$$

при этом

$$\tau_i = n \cdot T_{шт.к_i} / \omega_i - n_т \cdot T_{шт.к_i} / \omega_i = \left(n - n_\tau\right) \cdot T_{шт.к_i} / \omega_i .$$

Если операционный цикл на предыдущей операции больше, чем на последующей, т. е. $T_{оп} > T_{оп}$, то после обработки транспортной партии на предыдущей операции её нельзя сразу передать на последующую, поскольку не будет создан задел для обеспечения непрерывной работы. Начало обработки на последующей операции определяют из условия, что последняя транспортная партия после обработки на предыдущей операции немедленно передаётся на последующую. Тогда для двух смежных операций длительность цикла

$$T_{т.пп} = T_{т.пос} - \tau_i ;$$

но в этом случае

$$\tau_i = n \cdot T_{шт.к_i+1} / \omega_{i+1} - n_т \cdot T_{шт.к_{i+1}} / \omega_{i+1} = (n - n_\tau) \cdot T_{шт.к_{i+1}} / \omega_{i+1} .$$

Сравнение значений $T_{шт.к}/ \omega_i$ при определении величины совмещения для двух случаев показывает, что они соответствуют операции с более коротким операционным циклом. Следовательно,

$$\tau_i = (n - n_т) \cdot (T_{шт.кi} / \omega_i)_{min} .$$

Подставляя значение τ_i в формулы (43) и (44), получим:

- технологический цикл

$$T_{п.пп} = n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i - (n - n_\tau) \cdot \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{min} ; \qquad (46)$$

- производственный цикл

$$T_{п.пп} = n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i - (n - n_\tau) \cdot \sum_{i=1}^{u-1} \tau_i \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{min} + u \cdot T_{мо} + T_e + T_{реж}. \qquad (47)$$

Производственный цикл в календарных днях при параллельно-последовательном виде движения

$$T_{п.пп} = \frac{1}{T_{см} \cdot f \cdot к} \left[n \cdot \sum_{i=1}^{u} T_{шт.к_i} / \omega_i - (n - n_\tau) \cdot \sum_{i=1}^{u-1} \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{min} + u \cdot T_{мо} \right] + \frac{T_e}{24} . \qquad (48)$$

При параллельном виде движения транспортные партии передаются на следующие операции сразу после окончания их обработки на предыдущих операциях. В этом случае обеспечивается наиболее короткий цикл. В случае параллельного вида движения транспортных партий технологический цикл

$$T_{т.пар} = (n - n_\tau) \cdot \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{max} + n_\tau \sum_{i=1}^{u-1} T_{шт.к_i} / \omega_i , \qquad (49)$$

а производственный цикл

$$T_{т.пар} = (n - n_\tau) \cdot \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{max} + n_\tau \sum_{i=1}^{u-1} T_{шт.к_i} / \omega_i + u \cdot T_{мо} + T_e + T_{реж} . \qquad (50)$$

Производственный цикл в календарных днях при параллельном виде движения

$$T_{п.пп} = \frac{1}{T_{см} \cdot f \cdot к} \left[(n - n_\tau) \cdot \left(T_{шт.к_i} / \omega_i\right)_{max} + n_\tau \sum_{i=1}^{u-1} T_{шт.к_i} / \omega_i + u \cdot T_{мо} \right] + \frac{T_e}{24} . \qquad (51)$$

Каждый из трёх рассмотренных способов (видов) движения предметов труда имеет свои достоинства и недостатки. Основным преимуществом последовательного вида движения является простота его организации в отношении планирования движения предметов труда и загрузки рабочих мест. Недостаток заключается в относительно большой длительности производственного цикла. Эта последняя при параллельно-последовательном виде движения короче, чем при последовательном, но в этом случае достаточно сложны предварительные расчеты при планировании производства и оперативное регулирование и управление им. Основное преимущество параллельного вида движения заключается в минимальной длительности цикла, а недостаток – в неизбежных простоях оборудования при нарушении ритмичности и синхронизации процесса.

При выборе вида движения предметов труда необходимо учитывать специфику и форму организации производства на каждом предприятии с целью обеспечения минимальной длительности производственного цикла при минимальных затратах и достаточной простоте управления производством.

3. Пример расчёта производственного цикла простого процесса

Исходные данные.

Требуется определить длительность технологического и производственного циклов обработки партии заготовок из 15 шт. и построить графики производственных процессов при различных видах движения.

Величина транспортной партии равна пяти заготовкам; нормы времени по операциям соответственно 2,0; 3,0; 4,5; 2,0; 1,0 мин/шт. На пятнадцатой операции установлено два станка, на остальных – по одному. Среднее межоперационное время перерывов – 2 мин. Работа производится в две смены. Длительность смены – 8 ч., длительность естественных процессов – 30 мин.

Пример расчета.

Для последовательного вида движения предметов труда операционный цикл определяют по зависимости (39):

$T_{оп5} = 15 \cdot 2 / 1 = 30$ мин.; $T_{оп10} = 15 \cdot 3 / 1 = 45$ мин.; $T_{оп15} = 15 \cdot 4{,}5 / 1 = 33{,}7$ мин.; $T_{оп20} = 15 \cdot 2 / 1 = 30$ мин.; $T_{оп25} = 15 \cdot 1 / 1 = 15$ мин.

Технологический цикл рассчитывают по формуле (40):

$$T_{т.пос} = 15\ (2/1 + 3/1 + 4{,}5/2 + 2/1 + 1/1) = 153{,}75 \text{ мин.}$$

Производственный цикл в календарных днях находят по формуле (42):

$$T_{п.пос} = 1/480 \cdot 2 \cdot 0{,}706 \cdot [15\ (2/1 + 3/1 + 4{,}5/2 + 2/1 + 1/1) + 2 \cdot 5] + 30/24 \cdot 60 = 0{,}26 \text{ дня}.$$

По результатам расчётов строят график производственного цикла при последовательном виде движения (рис. 11, а).

Для параллельно-последовательного вида движения операционные циклы будут такими же, как и в предыдущем случае, а технологический цикл устанавливают по зависимости (46):

$$T_{т.пп} = 153,75 - (15 - 5)\,(2/1 + 4,5/2 + 2/1 + 1/1) = 81,25 \text{ мин.}$$

Производственный цикл в календарных днях находят по формуле (48)

$$T_{п.пп} = 1/480 \cdot 2 \cdot 0,706 \cdot [153,75 - (15 - 5)\,(2/1 + 4,5/2 + 2/1 + 1/1) + 2 \cdot 5] + 30/24 \cdot 60 = 0,17 \text{ дня.}$$

В этом случае при построении графика производственного цикла следует учесть соотношение операционных циклов на предыдущих и последующих операциях, для чего определяют величину совмещения операционных циклов τ_i по формуле

$$\tau_i = (n - n_т) \cdot (T_{шт.кi} / \omega_i)_{min}.$$

В парах операций (5 – 10), (10 – 15), (15 – 20), (20 – 25) меньший операционный цикл имеют операции 5, 15, 20, 25, следовательно i = 5, 15, 20, 25.

$\tau_5 = (15 - 5) \cdot 2/1 = 20$ мин.; $\tau_{15} = (15 - 5) \cdot 4,5/1 = 22,5$ мин.;

$\tau_{20} = (15 - 5) \cdot 2/1 = 20$ мин.; $\tau_{25} = (15 - 5) \cdot 1/1 = 10$ мин.

По полученным результатам строят график производственного цикла при параллельно-последовательном виде движения (рис. 11, б).

При параллельном виде движения длительность технологического цикла определяют по зависимости (49):

$$T_{т.пар} = (15 - 5) \cdot 3/1 + 5\,(2/1 + 4,5/2 + 2/1 + 1/1) = 66,25 \text{ мин.}$$

Производственный цикл в календарных днях находят по зависимости (51):

$$T_{п.пар} = 1/480 \cdot 2 \cdot 0,706 \cdot [(15 - 5) \cdot 3/1 + 5\,(2/1 + 4,5/2 + 2/1 + 1/1) + 2 \cdot 5] + 30/24 \cdot 60 = 0,15 \text{ дня.}$$

При построении графика производственного цикла с параллельным видом движения сначала отмечают последовательную обработку первой транспортной партии без задержки по всем операциям (рис. 11, в). После этого на графике отражают непрерывную обработку всех остальных передаточных партий на операции с максимальным операционным циклом (10 операция). Затем определяют момент начала и окончания обработки каждой партии на остальных операциях с учётом времени межоперационного пролеживания.

4. Задание к практическому занятию № 6

Индивидуальное задание студентам выдает преподаватель в виде чертежа или эскиза, по которому студент разрабатывает технологический процесс и определяет длительность технологического и производственного циклов обработки партии заготовок и строит графики производственных процессов при последовательном, параллельно–последовательном и параллельном видах движения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вайрадян Л. С. Надёжность автоматизированных систем управления / Л. С. Вайрадян, Ю. Н. Федосеев; Под ред. Я. А. Хетагурова. Ч. 1, 2. – М.: МИФИ, 1974.

2. Вальков В. М. Автоматизированные системы управления технологическими процессами / В. М. Вальков, В. Е. Вершин. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с.

3. Трапезников В. А. Автоматическое управление и экономика // Автоматика и телемеханика. – 1966. № 1. – С. 5 – 22.

4. Алексеев Г. Н. Энергия и энтропия / Г. Н. Алексеев. – М.: Знание, 1988. – 192 с.

5. Смирнов С. В. Управление машиностроительным предприятием / С.В. Смирнов, С. Н. Ефимушкин, А. А. Колобов / Под ред. С. Г. Пуртова, С. В. Смирнова. – М.: Высшая школа, 1989. – 240 с.

6. Родионов Б. Н. Организация, планирование и управление машиностроительным производством: Учеб. пособие для студентов машиностроительных вузов / Б. Н. Родионов, Н. А. Соломатин, Л. Г. Осадчий / Под ред. Б. М. Родионова. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

7. Советов Б. Я. Автоматизированное управление современным предприятием / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. – 168 с.

8. Организация, планирование и управление машиностроительным предприятием: Учебник в 2 ч. Ч. 1. Организация и управление машиностроительным предприятием / Под ред. В. А. Летенко, Б. М. Родионова. – М.: Высшая школа, 1979. – 296 с.

9. Худобин Л. В. Разработка технологических процессов сборки в курсовых и дипломных проектах: Учебное пособие / Л. В. Худобин, В. Ф. Гурьянихин, В. Р. Берзин. – Ульяновск: УлГТУ, 1995. – 80 с.

10. Гурьянихин В. Ф. Проектирование технологических процессов обработки заготовок в ГПС: Учебное пособие / Под ред. Л. В. Худобина. – Ульяновск: УлПИ, 1994. – 108 с.

11. Рязанов С. И. Технологические процессы отраслей. 4.3. Нормирование и организация технологических процессов: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Технологические процессы отраслей» для студентов направления 521500 – Менеджмент / С. И. Рязанов, Ю. В. Псигин. – Ульяновск: УлГТУ, 1999. – 28 с.