

Теоретические основы к практическому заданию «РАСЧЕТ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА»

Производственным циклом называется комплекс определенным образом организованных во времени основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, необходимых для изготовления определенного вида продукции.

Важнейшей характеристикой производственного цикла является его *длительность* – отрезок времени между началом и окончанием производственного процесса изготовления одного изделия (или партии этих изделий). Длительность производственного цикла выражается чаще всего в календарных днях, при весьма малой трудоемкости изделия – в часах.

Знать длительность производственного цикла изготовления всех видов продукции необходимо для составления производственной программы предприятия и отдельных цехов, определения сроков начала производственного процесса (дата запуска) и его окончания (дата выпуска), для расчета нормальной величины незавершенного производства и т.д.

Длительность производственного цикла состоит из двух элементов: рабочего периода и времени перерывов (рис. 1).

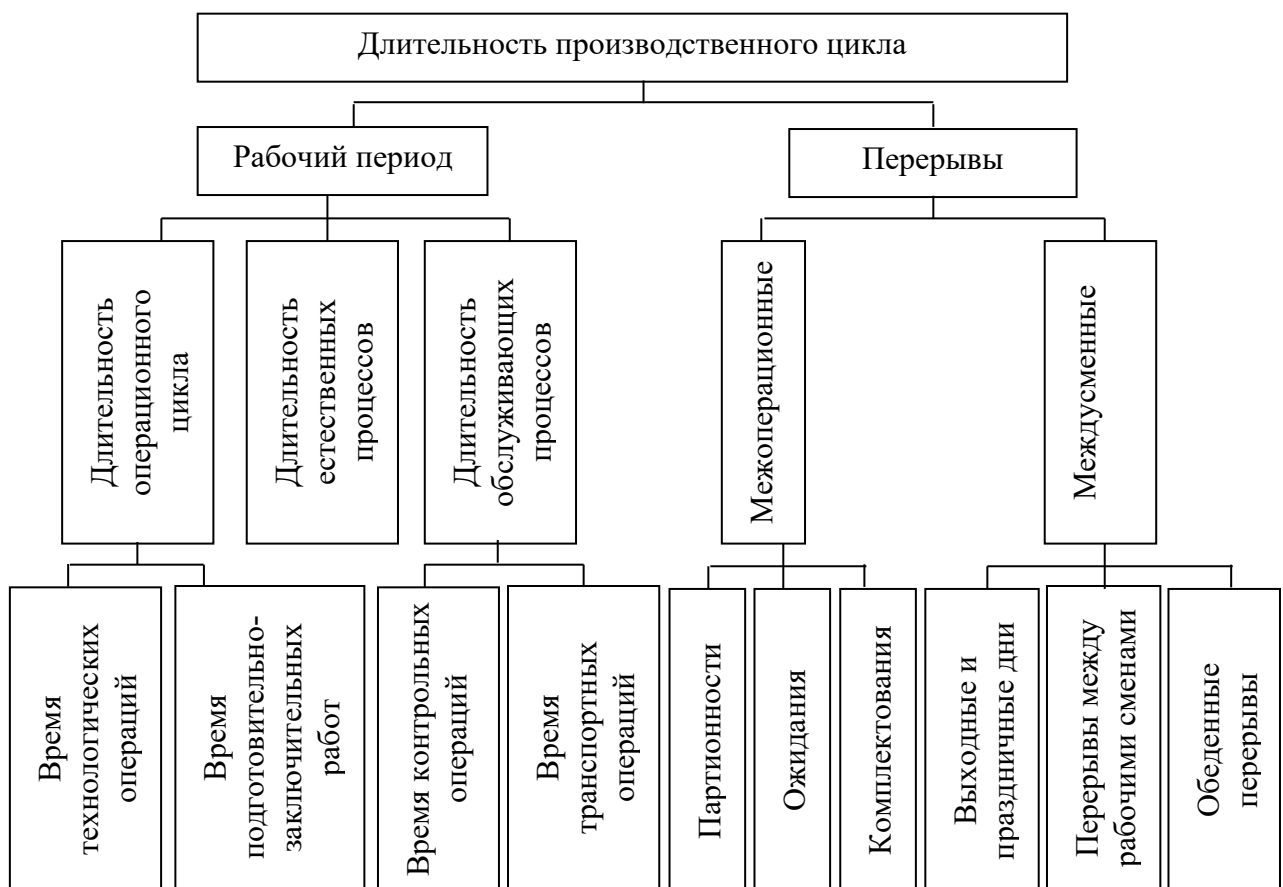


Рис.1. Структура производственного цикла

В течение рабочего периода осуществляются технологические операции, а также работы подготовительно-заключительного характера (в

частности переналадка оборудования). Длительность технологических операций и подготовительно-заключительных работ в совокупности образуют операционный цикл – продолжительность законченной части технологического процесса, выполняемой на одном рабочем месте.

К рабочему периоду также относится длительность обслуживающих (контрольных, транспортных) операций и время естественных процессов.

Перерывы в зависимости от вызвавших их причин могут быть разделены на межоперационные (внутрисменные – партионности, ожидания, комплектования) и междусменные.

Перерывы партионности обусловлены необходимостью работы периодически повторяющимися партиями. Это приводит к тому, что каждая деталь, поступая к рабочему месту в составе партии, «пролеживает» дважды: один раз до начала обработки, а другой раз – после её окончания, пока вся партия деталей не пройдет через определенную операцию.

Перерывы ожидания возникают из-за несогласованности длительности смежных операций технологического процесса. Данные перерывы появляются в тех случаях, когда предыдущая операция заканчивается раньше, чем освобождается рабочее место, предназначенное для выполнения следующей операции.

Перерывы комплектования характерны для комплектной системы планирования, и возникают в том случае, когда готовые заготовки, детали и узлы должны «пролеживать» в связи с незаконченностью других заготовок, деталей, узлов, входящих совместно с первыми в один машинокомплект.

Междусменные перерывы определяются принятым режимом работы предприятия (числом и длительностью смен). К этой категории относятся перерывы между рабочими сменами, а также выходные и праздничные дни (условно сюда же можно отнести и обеденные перерывы).

В общем виде длительность производственного цикла ($T_{ц}$) можно представить следующей формулой:

$$T_{ц} = T_{то} + T_{нз} + T_{е} + T_{ко} + T_{тр} + T_{мо} + T_{пр}, \quad (1)$$

где $T_{то}$ – время технологических операций; $T_{нз}$ – время работ подготовительно-заключительного характера; $T_{е}$ – время естественных процессов; $T_{ко}$ – время контрольных операций; $T_{тр}$ – время транспортных операций; $T_{мо}$ – время межоперационных (внутрисменных) перерывов; $T_{пр}$ – время перерывов, обусловленных режимом труда (междусменные перерывы).

Необходимо различать производственный цикл отдельных деталей и цикл изготовления сборочной единицы или изделия в целом. Производственный цикл детали обычно называют *простым*, а цикл изделия или сборочной единицы – *сложным*. Цикл может быть *однооперационным* или *многооперационным*.

Длительность цикла многооперационного процесса зависит от способа передачи деталей (партии деталей) с операции на операцию. Существует три основных вида движения предметов труда в процессе их изготовления: последовательный, параллельный, параллельно-последовательный.

Сущность *последовательного вида движения* заключается в том, что каждая последующая операция начинается только после окончания обработки всей партии на предыдущей операции. Последовательный вид движения предметов труда организовать просто. Он преобладает в производствах, где обрабатывается партиями небольшое количество одноименных предметов труда. Каждая отдельная деталь перед выполнением последующей операции задерживается («пролеживает») в ожидании окончания обработки всех деталей, входящих в данную партию. В связи с чем увеличивается суммарное время прохождения партии деталей по всем операциям процесса, т.е. технологический цикл. Формула для расчета длительности технологического цикла ($T_{\text{тц}}$) при последовательном виде движения предметов труда имеет следующий вид:

$$T_{\text{тц}} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт}i}}{q_i} \quad (2)$$

где n – количество обрабатываемых деталей в партии, шт.; m – число операций технологического процесса; $t_{\text{шт}i}$ – штучное время обработки детали на i -ой операции, час; q_i – количество рабочих мест (станков), занятых изготовлением партии деталей на i -ой операции технологического процесса.

Достоинство данного метода – отсутствие перерывов в работе оборудования и рабочего на каждой операции. Но производственный цикл при такой организации работ является наибольшим, что отрицательно сказывается на технико-экономических показателях деятельности предприятия. Для его уменьшения можно передачу предметов труда с одной операции на другую осуществлять частями (передаточными, транспортными партиями). Такая передача возможна при *параллельном движении* предметов труда, которое характеризуется тем, что партия деталей делится на ряд передаточных (транспортных) партий. Первая из них запускается в производство на первую операцию технологического процесса и после окончания обработки сразу же передается на вторую и последующие операции, не ожидая завершения обработки всей партии деталей на первой и последующих операциях. При этом обязательно предусматривается обеспечение непрерывности обработки партии деталей только по наиболее трудоемкой операции. Непрерывность обработки деталей других передаточных (транспортных) партий по остальным операциям технологического процесса не обеспечивается.

Формула для расчета длительности технологического цикла ($T_{\text{тц}}$) при параллельном виде движения предметов труда имеет следующий вид:

$$T_{\text{тц}} = p \sum_{i=1}^m \frac{t_{\text{шт}i}}{q_i} + (n - p) \left(\frac{t_{\text{шт}i}}{q_i} \right)_{\text{max}}, \quad (3)$$

где p – количество обрабатываемых деталей в передаточной (транспортной) партии, шт.; $\left(\frac{t_{\text{шт}i}}{q_i} \right)_{\text{max}}$ – время выполнения самой продолжительной операции в технологическом процессе, час.

При параллельном виде движения предметов труда длительность технологического цикла резко снижается по сравнению с последовательным видом движения. Однако параллельный вид движения обязательно создает простои оборудования на рабочих местах, где продолжительность операции меньше наиболее трудоемкой операции. Эти простои тем больше, чем значительнее разность между временем выполнения самой длительной операции и временем, затраченным на остальные операции. Следовательно, применение данного вида движения на практике целесообразно лишь в том случае, когда время операций технологического процесса примерно равно или кратно друг другу. Данное условие выполняется в случае непрерывно-поточного производства.

Параллельно-последовательный вид движения предусматривает такое совмещение времени выполнения смежных операций, что вся изготавливаемая партия деталей проходит через каждую операцию без каких-либо перерывов. Передача заготовок или деталей с предыдущей на последующую операцию производится также передаточными (транспортными) партиями.

При организации параллельно-последовательного вида движения необходимо различать два варианта сочетания каждой пары смежных операций: когда длительность операционного цикла предшествующей операции меньше, чем у последующей, и когда длительность операционного цикла предшествующей операции больше, чем у последующей. В первом случае передаточную (транспортную) партию можно передавать сразу же после завершения предыдущей операции на следующую. Во втором случае отсутствие простоев на последующей операции может быть обеспечено только после накопления перед ней определенного запаса деталей, позволяющего эту операцию вести непрерывно.

Длительность технологического цикла при параллельно-последовательном виде движения предметов может быть рассчитана по следующим формулам:

$$T_{mц} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{ум_i}}{q_i} - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_{ум_i}}{q_i} \right)_{кор}, \quad (4)$$

где $\left(\frac{t_{ум_i}}{q_i} \right)_{кор}$ – время на выполнение наиболее короткой из двух смежных операций, час.

или:

$$T_{mц} = p \sum_{i=1}^m \frac{t_{ум_i}}{q_i} + (n-p) \left(\sum_i \left(\frac{t_{ум_i}}{q_i} \right)_{дл} - \sum_i \left(\frac{t_{ум_i}}{q_i} \right)_{кор} \right) \quad (5)$$

где $\frac{t_{ум_i}}{q_i} = \left(\frac{t_{ум_i}}{q_i} \right)_{дл}$ если $\frac{t_{ум_i}}{q_i} \geq \frac{t_{ум_{i-1}}}{q_{i-1}}$ и $\frac{t_{ум_i}}{q_i} \geq \frac{t_{ум_{i+1}}}{q_{i+1}}$;

$$\frac{t_{um_i}}{q_i} = \left(\frac{t_{um_i}}{q_i} \right)_{кор} \text{ если } \frac{t_{um_i}}{q_i} < \frac{t_{um_{i-1}}}{q_{i-1}} \text{ и } \frac{t_{um_i}}{q_i} < \frac{t_{um_{i+1}}}{q_{i+1}}.$$

Параллельно-последовательный вид движения предметов труда исключает недостатки последовательного (большая длительность производственного цикла) и параллельного (простои оборудования рабочих мест на коротких операциях) видов. Вместе с тем реализация данного вида движения на практике требует тщательной проработки вопросов связанных с организацией производственных процессов во времени.

Производственный цикл изготовления партии деталей всегда продолжительнее технологического цикла, поскольку при его расчете, кроме выполнения технологических операций необходимо учитывать и другие временные составляющие. Однако на практике не все виды временных затрат из-за их незначительной величины учитываются при расчете длительности производственного цикла. Как правило, учитываются только три основные составляющие: длительность технологического цикла, время естественных процессов (при их наличии) и время межоперационных перерывов. Тогда формула расчета длительности производственного цикла ($T_{ц}$) для всех видов движения будет иметь следующий вид (расчет ведется в календарных днях):

$$T_{ц} = \frac{D_k}{D_p K_{см} t_{см}} (T_{mц} + m t_{мо} + T_e) \quad (6)$$

где D_k – число календарных дней в плановом периоде, дн.; D_p – число рабочих дней в плановом периоде, дн.; $K_{см}$ – число рабочих смен в день; $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, час.; $t_{мо}$ – средняя продолжительность одного межоперационного перерыва, час.; m – количество межоперационных перерывов; T_e – время естественных процессов, час.

Ниже, на рисунках 2-4, представлено графическое отображение рассмотренных видов движений предметов труда в процессе производства при следующих условиях: $n=3$ шт.; $p=1$ шт.; технологический процесс изготовления партии деталей выражен следующей последовательностью их прохождения по операциям: операция 1 $\rightarrow$ операция 2 $\rightarrow$ операция 3 $\rightarrow$ операция 4; нормы штучного времени по операциям: $t_{um_1}=2$ час.; $t_{um_2}=1$ час.; $t_{um_3}=3$ час.; $t_{um_4}=2$ час.; все операции выполняются на одном рабочем месте ($q_1=q_2=q_3=q_4=1$).

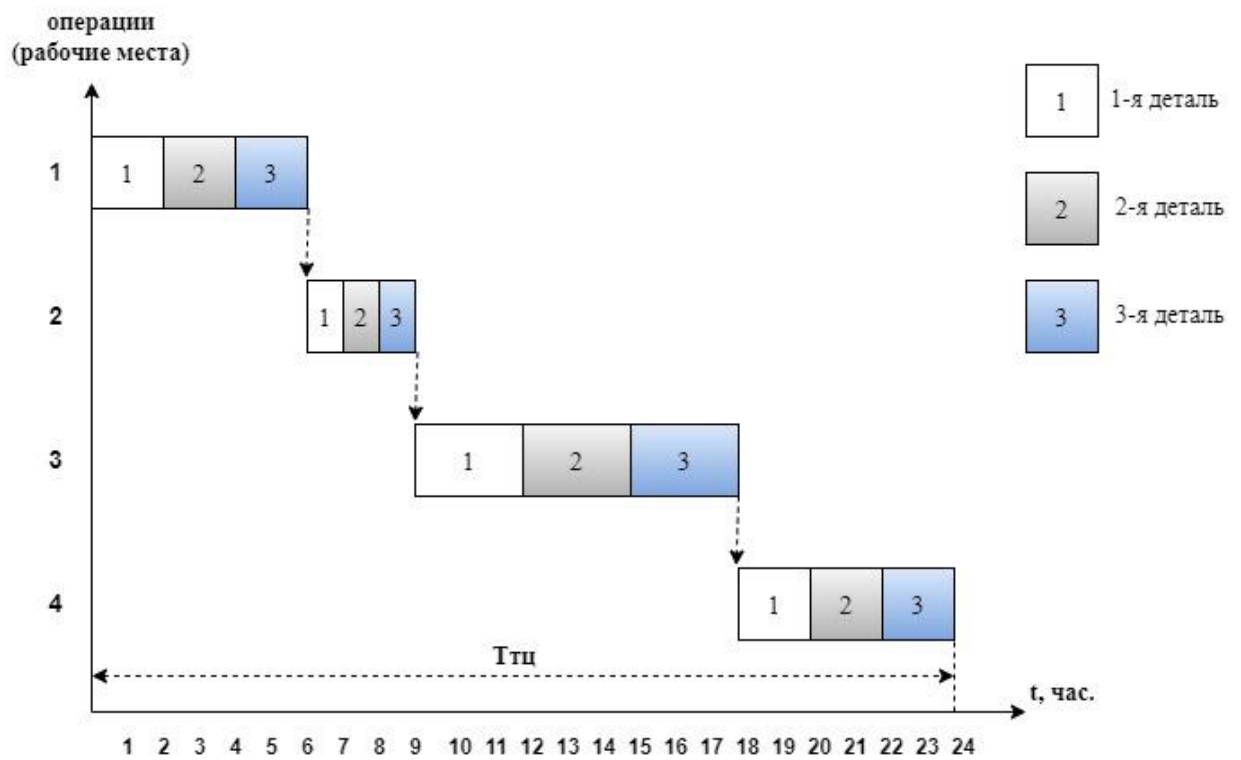


Рис.2. График технологического цикла при последовательном движении предметов труда по операциям

Подставив данные рассматриваемого примера в формулу (2), рассчитаем длительность технологического цикла обработки партии деталей при последовательном виде движения:

$$T_{mц} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{um_i}}{q_i} = 3 \left(\frac{2}{1} + \frac{1}{1} + \frac{3}{1} + \frac{2}{1} \right) = 24 \text{ час.}$$

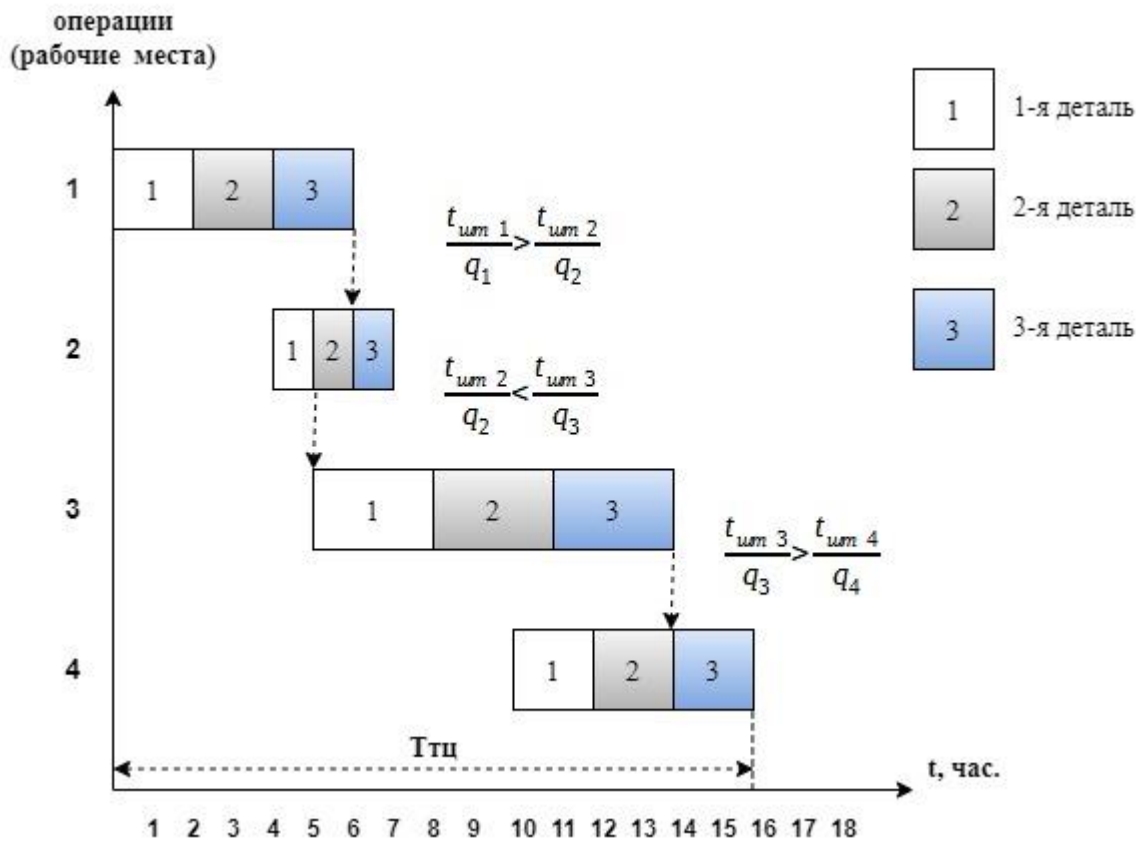


Рис. 4. График технологического цикла при параллельно-последовательном виде движения предметов труда по операциям.

Подставив данные рассматриваемого примера в формулы (4) и (5) рассчитаем длительность технологического цикла обработки партии деталей при параллельно-последовательном виде движения:

$$T_{мц} = n \sum_{i=1}^m \frac{t_{ум i}}{q_i} - (n-p) \sum_{i=1}^{m-1} \left(\frac{t_{ум i}}{q_i} \right) кор = 3 \left(\frac{2}{1} + \frac{1}{1} + \frac{3}{1} + \frac{2}{1} \right) - (3-1) \left(\frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{2}{1} \right) = 16 \text{ час.}$$

Или:

$$T_{мц} = p \sum_{i=1}^m \frac{t_{ум i}}{q_i} + (n-p) \left(\sum_i \left(\frac{t_{ум i}}{q_i} \right) дол - \sum_i \left(\frac{t_{ум i}}{q_i} \right) кор \right) = 1 \left(\frac{2}{1} + \frac{1}{1} + \frac{3}{1} + \frac{2}{1} \right) + (3-1) \left(\left(\frac{2}{1} + \frac{3}{1} \right) - \frac{1}{1} \right) = 16 \text{ час.}$$

Анализ полученных результатов показывает, что чем выше степень параллельности процесса, тем короче технологический (производственный) цикл. Для оценки степени параллельности процесса рассчитывается такой показатель как *коэффициент параллельности* – отношение длительности цикла при параллельном (параллельно-последовательном) движении предметов труда по операциям к длительности цикла, полученной в случае организации последовательного вида движения.

Тогда, рассчитанное для нашего примера, значение коэффициента параллельности составит:

$$K_n^{nap} = \frac{T_{mц}^{nap}}{T_{mц}^{n-посл}} = \frac{14}{24} = 0,583, \quad (8)$$

$$K_n^{n-посл} = \frac{T_{mц}^{n-посл}}{T_{mц}^{n-посл}} = \frac{16}{24} = 0,666. \quad (9)$$

По результатам расчетов видно, что меньшее значение данного коэффициента, характерно для процессов с высокой степенью параллельности и более короткими производственными циклами.

При построении графиков движения предметов труда на практике, необходимо учитывать количество рабочих мест (станков) занятых изготовлением партии деталей на i -ой операции технологического процесса – q_i .

Рассмотрим данный момент на следующем примере: $n = 4$ шт.; $p = 2$ шт.; технологический процесс изготовления партии деталей выражен следующей последовательностью их прохождения по операциям: операция 1 → операция 2; $t_{ум1} = 2$ час.; $t_{ум2} = 1$ час.; $q_1 = 1$ ед., $q_2 = 2$ ед.

Ниже, на рисунках 5-7, представлены графики организации последовательного, параллельного и параллельно-последовательного движения деталей по операциям, учитывающие специфику представленного примера.

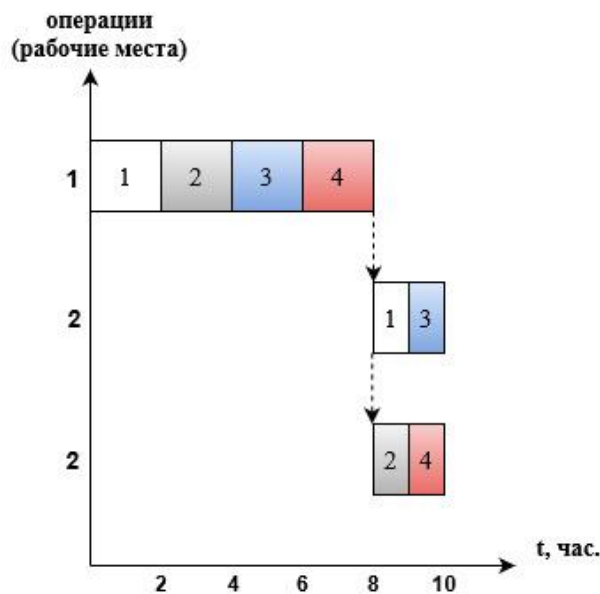


Рис. 5. График технологического цикла при последовательном движении предметов труда по операциям

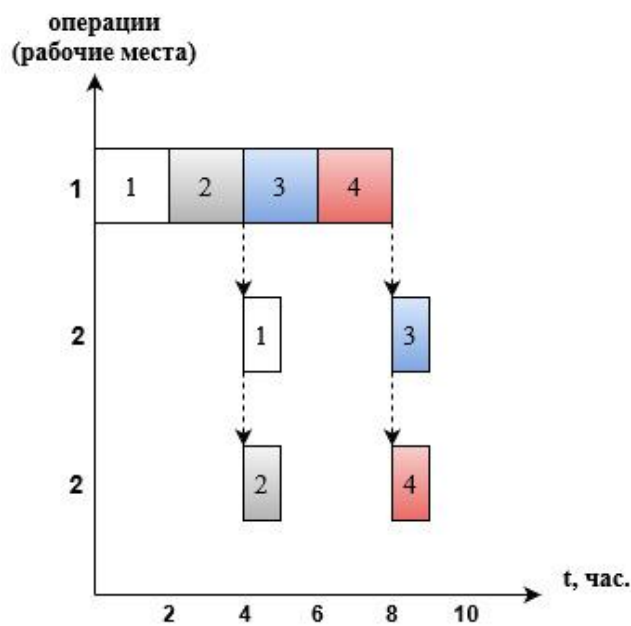


Рис. 6 . График технологического цикла при параллельном виде движения предметов труда по операциям

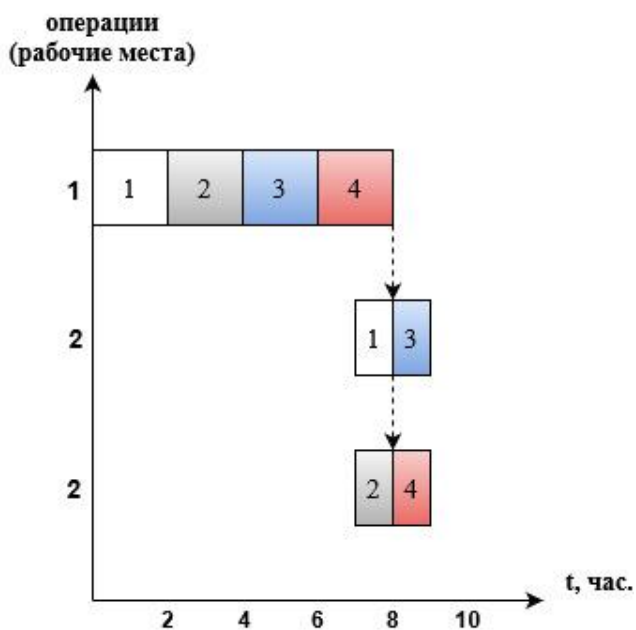


Рис. 7. График технологического цикла при параллельно- последовательном виде движения предметов труда по операциям

На данных графиках видно, что в случае использования нескольких одинаковых рабочих мест на одной из технологических операций объем работ над партией (или передаточной партией) деталей делится между данными рабочими местами пропорционально их количеству, при этом передача деталей с одной технологической операции на другую соответствует принятому виду движения.