

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОРА, ВЛИЯЮЩЕГО НА ВРЕМЯ ЦИКЛА СБОРКИ ИЗДЕЛИЯ

В настоящее время организация отечественного серийного выпуска высокотехнологичных изделий требует больших временных затрат. Это связано, с одной стороны, с перестройкой логистических цепочек с иностранными поставщиками, с другой — с выстраиванием взаимодействия кооперации внутри страны. Сроки реализации перспективных производственных проектов, например, в космической отрасли, по-прежнему исчисляются годами, что заставляет предприятия задумываться о смене подходов в первую очередь к своей работе — в таком случае сокращение времени собственного производственного цикла является одним из главных способов повлиять на длительные сроки. Как правило, при анализе организации серийного производства начинают с окончательной сборки, которая задаёт темп работы всем остальным участникам, изготавливающим составные части.

При оценке эффективности организации сборочного производства необходимо определить критерий и факторы. За критерий эффективности принимается время цикла сборки изделия. Факторы, влияющие на критерий, требуют определения степени значимости и понимания их взаимного влияния друг на друга.

Целью исследования является разработка единой системы факторов, влияющих на время цикла сборки изделия, и основанный на этой системе способ оценки эффективности организации сборочного производства. В рамках настоящей статьи исследуется технология производства как фактор, влияющий на время цикла сборки изделия.

**Ключевые слова:** технологический процесс, технология производства, серийное производство, производственный цикл, сборка изделия, потери, время такта.

**Введение.** Процесс организации серийного производства высокотехнологичных изделий сложен и требует принятия быстрых и качественных решений, особенно в условиях настоящего времени — в век нестабильности и изменчивости человеческих отношений, в период, когда темпы накопления научных знаний стали превосходить способность человечества анализировать их и находить им применение. Скорость, с которой теперь окружающий нас мир движется вперёд, не даёт возможности замедлиться и подумать, а туда ли мы идём, — понимание правильности и целесообразности принятых решений, как в философии экзистенциалистов, приходит только после непосредственно совершённого действия. В обычную жизнь отдельно взятого человека это привносит элементы спонтанности и ощущения настоящего момента, но в жизни промышленной компании такое положение дел может привести к необратимым последствиям. Это говорит о том, что горизонт планирования стремительно сокращается, степень предсказуемости хода внешних событий уменьшается кратно, однако сроки

реализации перспективных производственных проектов по-прежнему исчисляются годами. Время — ценнейший ресурс, и будущее за теми, кто грамотно им воспользуется в настоящем.

**Цель исследования.** Оценка влияния фактора «технология производства» на время цикла сборки изделия.

**Основная часть.** Как известно, одним из способов повлиять на длительные сроки реализации проектов, связанных с серийным выпуском новой продукции, является сокращение цикла изготовления изделий. Производственный процесс включает в себя процесс разработки, испытания и изготовления изделия. В настоящей работе исследуется процесс изготовления, а именно сборка изделия. Для определенности скажем, что изделие — это единица промышленной продукции, количество которой может исчисляться штуками (экземплярами). Технологический процесс — часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда. Согласно стандартному определению

нию, технологическая операция ( $ОП$ ) — законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте ( $PM$ ), однако в настоящей работе полагается, что на одном  $PM$  может выполняться больше одной  $ОП$  [1].

В организации серийного производства ключевым понятием для формирования исходных данных для планирования является время такта, оно определяется как фиксированное расчётное время нахождения изделия на одном рабочем месте: время выполнения заказа  $T$ , делённое на одно изделие  $N$ , (1):

$$T_T = \frac{T}{N}. \quad (1)$$

Время такта может включать в себя как время выполнения одной операции, так и нескольких. Фактическое время сборки изделия (сумма времён выполнения последовательных операций) есть время цикла.

Разработка технологического процесса должна учитывать планируемую серийность изготовления изделия. Тип производства характеризуется коэффициентом серийности (коэффициентом закрепления операций), который определяется как число всех технологических операций  $n$  к числу рабочих мест  $m$ . Он показывает число операций  $n$ , приходящихся на одно рабочее место  $m$ , (2):

$$K_{3,0} = \frac{n}{m}, \quad (2)$$

для  $K_{3,0}$  определены следующие значения:

$1 = K_{3,0} < 10$  — при массовом и крупносерийном производстве;

$10 < K_{3,0} < 20$  — при среднесерийном производстве;

$20 < K_{3,0} < 40$  — при мелкосерийном производстве;

$K_{3,0}$  не регламентируется — при единичном производстве [2].

Коэффициент серийности имеет функциональную зависимость с количеством изделий в партии (позволяя определить её оптимальное значение), что, в свою очередь, напрямую влияет на время производственного цикла и эффективность организации серийного производства [3]. В теории бережливого производства вся работа исполнителя делится на полезную работу и на потери. Полезной работой будем называть ту, что добавляет ценность, потерями — всю ту работу, что потребляет ресурсы и не приносит ценности для заказчика.

Выделяют 7 видов потерь: перепроизводство, избыток запасов, транспортировка, задержки, дополнительная обработка, перемещения, дефекты [4, 5]. К ним добавляют неиспользованный человеческий потенциал.

Заказчики дают исходные данные в виде потребности в количестве и номенклатуре изделий. Предприятие располагает фондом времени. На основании этих значений рассчитывается время такта. Исследуем влияние технологии производства на время цикла сборки изделия с точки зрения времени такта. Условно покажем технологический процесс сборки изделия (рис. 1).

На рис. 1:

$ОП_1, ОП_2, \dots, ОП_i$  — технологические операции;  $T_1, T_2, \dots, T_i$  — время выполнения соответствующих технологических операций.

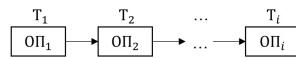


Рис. 1. Технологический процесс сборки изделия

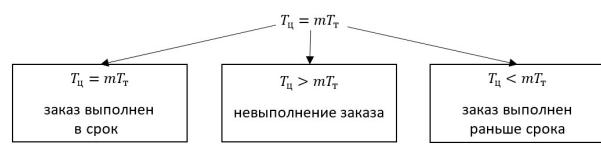


Рис. 2. Варианты соотношения  $T_u$  и  $T_T$

Формула 3 для расчёта времени цикла сборки  $T_u$  изделия А:

$$T_u = \sum_{i=1}^n T_i. \quad (3)$$

При известном требуемом времени такта  $T_T$  можно рассчитать требуемое количество рабочих мест  $i$ , соответственно, понять количество операций, выполняемых на одном рабочем месте, что позволит определить тип производства. В граничных условиях имеется либо единичное производство с одним рабочим местом сборки изделия, либо крупносерийное, где на одно рабочее место приходится одна технологическая операция процесса сборки. С точки зрения возможных вариантов распределения операций между рабочими местами наибольший интерес представляет случай мелкосерийного сборочного производства высокотехнологичных изделий.

Как правило, время выполнения технологической операции содержит в себе потери и может быть сокращено. В таком случае можно сказать, что время выполнения технологической операции  $T_i$  состоит из полезной работы  $T_{ni}$  и потерь  $\Delta T_i$  (4):

$$T_i = T_{ni} + \Delta T_i. \quad (4)$$

Таким образом (5),

$$T_u = \sum_{i=1}^n T_{ni} + \sum_{i=1}^n \Delta T_i. \quad (5)$$

В серийном производстве время нахождения изделия  $T_u$  на одном рабочем месте равно времени такта  $T_T$ , тогда требуемое время цикла можно посчитать по формуле 6:

$$T_u = mT_T. \quad (6)$$

Однако соотношение времени цикла и времени такта может нарушаться в связи с наличием потерь. Возможны три случая (рис. 2). Рассмотрим каждый из них.

$$1. T_u = mT_T$$

Такая ситуация подразумевает факт выполнения заказа в срок, однако не гарантирует отсутствия потерь. Можно сказать, что технологический процесс в данном варианте адаптирован под серийную сборку изделия с заданным тактом. Возможно сокращение времени цикла за счёт активации скрытых резервов повышения производительности. Отметим, что равенство  $m = n$  (количество рабочих мест равно количеству технологических операций) указывает на массовое производство.

2.  $T_u > mT_r$ 

Данный вариант ведёт к невыполнению заказа из-за нарушения требуемых заказчику сроков изготовления. Применительно к серийному производству можно сказать, что время такта в таком случае определяется самым большим временем нахождения изделия на определённом рабочем месте — «узкое место» данного процесса.

Узким местом называют явление, которое ограничивает пропускную способность системы. Согласно теории ограничений, каждая система неизбежно ограничена узким местом. Узкие места делятся на краткосрочные (поломка оборудования, отсутствие уникального сотрудника) и долгосрочные (пропускная способность испытательного стенда). Для поиска «узких мест» применяют два способа: наблюдение и визуализацию.

В результате непосредственного наблюдения, например, можно увидеть:

- скопление незавершённого производства (узкое место — процесс, который собирает перед собой наибольшую очередь единиц изделий);

- простоя и ожидания оборудования (оборудование простояивает, поскольку не получает достаточно материала для непрерывной работы. Предполагаемое узкое место — предыдущая операция процесса);

- длительную переналадку оборудования.

Визуализация включает в себя построение карты потока создания ценности и её последующий анализ на предмет наличия узких мест.

В сложных системах, к которым относится производственный процесс, узкие места являются динамическими, поэтому кроме их непосредственного выявления необходимо также предиктивно анализировать места их возможного появления в будущем.

Возможные причины, по которым наблюдаемое время цикла больше расчётного:

2.1.  $T_u = mT_r + \sum_{i=1}^n \Delta T_i$ ,  $\sum_{i=1}^n \Delta T_i > 0$ : технологический процесс адаптирован под серийную сборку, то есть выстроен с учётом расчётного времени  $T_r$ , но фактическое время выполнения операций на рабочих местах больше на  $\sum_{i=1}^n \Delta T_i$ .

Проблема заключается в наличии потерь в процессе. Решение проблемы, очевидно, состоит в устранении потерь (рис. 3).

На современных предприятиях часто возникают проблемы, связанные с построением внутризаводской логистической системы, что служит причиной существенного увеличения как временных, так и материальных затрат. Эти проблемы приводят к неравномерности расходования материалов, возникновению простоев в производственном цикле и в то же время к перегрузке отдельных производственных участков. Плохо организованные внутризаводские перемещения оказывают дополнительное негативное влияние на длительность производственного цикла изготовления продукции и появление излишних запасов. Преодолеть эти затруднения можно за счёт оптимизации производственного процесса [6].

Например, с помощью разработанной Лийн Е. А. диаграммы состояний, которая отражает связи и условия переходов между состояниями, можно обнаружить время ожиданий в технологическом процессе [7].

2.2.  $T_u = \sum_{i=1}^n \Delta T_i$ , технологический процесс не адаптирован под серийную сборку — имеется последовательность технологических операций,

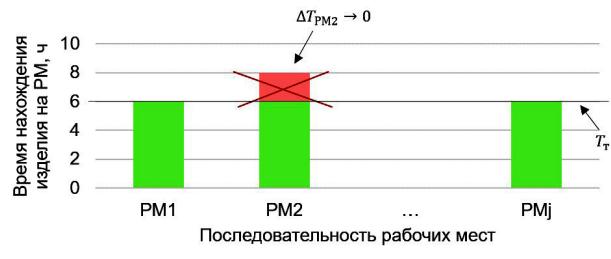


Рис. 3. Решение проблемы устранением потерь

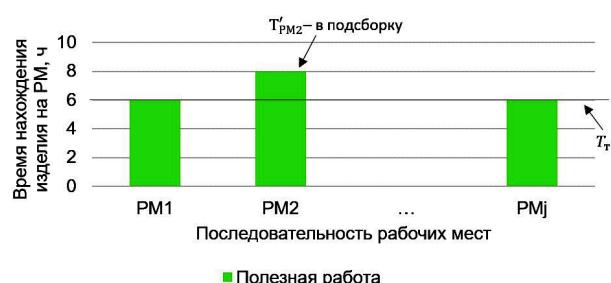


Рис. 4. Решение проблемы выносом части работ в подсборку

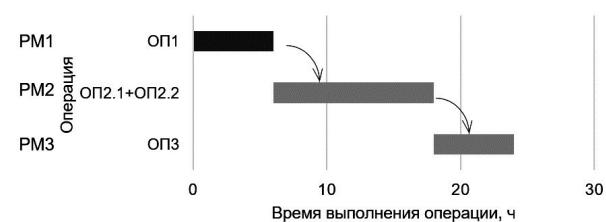


Рис. 5. Диаграмма Ганта до изменений

время такта отсутствует. Ситуация наблюдается при переходе от единичного производства изделия к серийному.

Первым шагом необходимо рассчитать значение  $T_r$ . Далее, зная время выполнения технологических операций, необходимо рассчитать количество  $PM$ . Введём понятие «балансировки», балансировка — это процесс перераспределения операций / исполнителей между  $PM$  с целью синхронизации времени такта и времени нахождения изделия на  $PM$   $T_m$  сборки. Синхронизацией называем либо равенство суммарного времени выполнения операций на  $PM$   $T_m$  и времени такта  $T_r$ , либо их кратность. Главной целью балансировки является минимизация простоя оборудования и (или) исполнителя [8]. Стоит упомянуть, что организация труда нескольких исполнителей на одном рабочем месте способствует сокращению цикла сборки и высвобождению площадей [9].

Рассмотрим способы синхронизации  $T_m$  и  $T_r$ .

2.2.1.  $T_m > T_r$ :

а) вынос в подсборку — способ синхронизации  $T_m$  и  $T_r$ , заключающийся в создании дополнительного  $PM'$ , на котором выполняется часть операций основного  $PM$  (рис. 4).

б) если  $T_m$  кратно больше  $T_r$ , то возможно создание дополнительных  $PM'$  без изменения  $T_m$  и организация параллельной работы этих  $PM'$  со сдвигом по времени. Чем больше таких мест, тем выше уровень запасов по материалам.

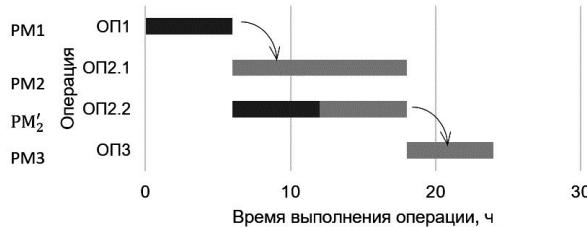


Рис. 6. Диаграмма Ганта, иллюстрирующая решение проблемы создания дополнительных рабочих мест

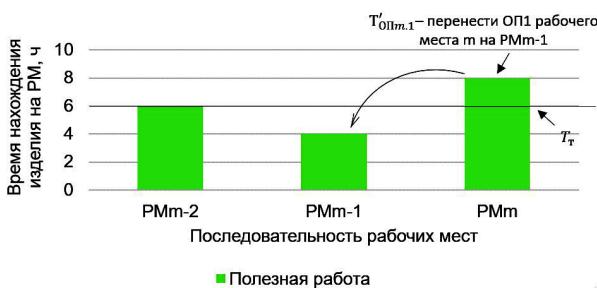


Рис. 7. Решение проблемы перераспределением технологических операций между рабочими местами

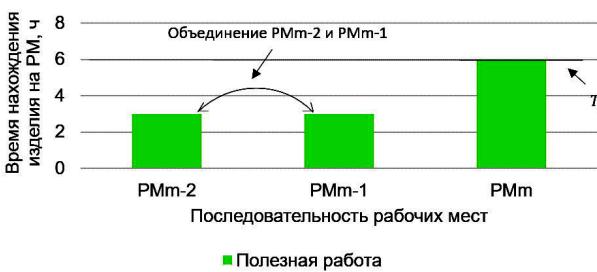


Рис. 8. Решение проблемы объединением рабочих мест

На рисунках ниже проиллюстрирован пример решения проблемы, когда  $T_{PM_2} = T_{OP2.1} + T_{OP2.2} = 2T_r$ . Как было сказано выше, наблюдаемое время такта определяется самым большим временем  $T_m$ , то есть в рассматриваемом примере в 2 раза больше требуемого (рис. 5). Создаём  $PM'_2$  (рис. 6), что позволяет достичь равенства  $T_m = T_r$ : на  $PM'_2$  в начальный момент времени имеется запас, выполнение  $OP1$  и  $OP2.2$  начинается одновременно.

в) существенное изменение технологической операции, например: оптимизация режимов работы, применение новой технологии и т.п.

2.2.2.  $T_{m-1} < T_r < T_m$ , если время нахождения изделия на одном  $PM$  меньше  $T_r$ , а на соседнем с ним больше  $T_r$

Решение проблемы возможно за счёт перераспределения операций между рабочими местами, если это допустимо технологическим процессом (рис. 7).

1.  $T_u < mT_r$ . Заказ выполнен раньше срока — это ведёт к таким потерям, как перепроизводство и ожидание. Возможные варианты синхронизации  $T_m$  и  $T_r$ :

— существенное изменение технологической операции, например: оптимизация режимов работы, применение новой технологии и т.п.;

— уменьшение количества исполнителей / рабочих смен;

— объединение соседних рабочих мест в одно  $PM$  (рис. 8).

Кроме того, существенным является понимание номенклатуры производимых изделий, поскольку это определяет и технологию сборки изделий, и способ планирования загрузки сборочной линии. Виды сборочных линий по номенклатуре изделий:

1. Сборка одного типа изделия.

2. Сборка нескольких типов изделия:

2.1. Смешанная (когда переналадка оборудования не требуется или её время мало).

2.2. Партийная (когда требуется переналадка оборудования, время которой сравнимо со временем выполнения работы).

**Выводы.** Таким образом, были рассмотрены три варианта соотношения наблюдаемого времени цикла сборки изделия к расчётному времени такта и определены способы синхронизации времени цикла и времени такта сборки изделия:

1.  $T_u = mT_r$ . Выполнение заказа в срок, то есть фактическое время нахождения изделия на рабочем месте равно расчётному времени такта  $T_r$ .

2.  $T_u = mT_r$ . Невыполнение заказа. Ситуация возможна при двух случаях:

2.1.  $T_u = mT_r + \sum_{i=1}^n \Delta T_i$ ,  $\sum_{i=1}^n \Delta T_i > 0$ : технологический процесс адаптирован под серийную сборку, то есть в теории выстроен с учётом расчётного времени  $T_r$ , но фактическое время выполнения операций на рабочих местах больше на  $\sum_{i=1}^n \Delta T_i$ . Проблема — в наличии потерь. Решение — устранение потерь.

2.2.  $T_u = \sum_{i=1}^n T_i^n$ , технологический процесс не адаптирован под серийную сборку — имеется последовательность технологических операций, время такта отсутствует. Решения:

2.2.1.  $T_m > T_r$ :

а) вынос в подсборку;

б) если  $T_m$  кратно больше  $T_r$ , то возможно создание дополнительных  $PM'$  без изменения  $T_m$  и организация параллельной работы этих  $PM'$ ;

в) существенное изменение технологической операции, например: оптимизация режимов работы, применение новой технологии и т.п.

2.2.2.  $T_{m-1} < T_r < T_m$ , если время нахождения изделия на одном  $PM$  меньше  $T_r$ , а на соседнем с ним больше  $T_r$ :

г) перераспределение операций между рабочими местами.

3.  $T_u < mT_r$ . Заказ выполнен раньше срока — это ведёт к таким потерям, как перепроизводство и ожидание. Решения:

— существенное изменение технологической операции;

— уменьшение количества исполнителей / рабочих смен;

— объединение соседних рабочих мест в одно  $PM$ .

**Заключение.** Применяемые технологии сборки изделия определяют полезное время выполнения технологических операций, что, в свою очередь, напрямую влияет на пропускную способность сборочного участка. Кроме того, технологиями ограничивается и гибкость производственной системы, то есть возможность менять последовательность операций, способность изготавливать на одном участке несколько типов изделий, а также адаптировать ресурсы под работу с разным тектом выпуска.

Директивная технологическая документация содержит в себе укрупнённые схемы последователь-

ности сборки изделия и его составных частей, что является, во-первых, исходными данными для разработки концепции участка окончательной сборки, во-вторых, позволяет создать первичное видение планировки рабочих мест уже на этапе создания первых опытных образцов, и, в-третьих, закладывает возможность изготовления на одних и тех же рабочих местах нескольких типов изделий.

Поскольку, с точки зрения потерь, важно обеспечивать не просто выполнение заказа, но точно в срок [10, 11], одним из ключевых моментов при организации серийной сборки является применение метода балансировки загрузки рабочих мест с целью эффективного использования ресурсов в условиях расчётного времени такта.

Таким образом, фактор «технология производства» существенно влияет на время цикла сборки изделия. На этапе проектирования сборочного участка важно учитывать возможные объёмы и номенклатуру изготавливаемых изделий, а также в последующем не упускать из виду и своевременно внедрять новые принципы и подходы, позволяющие как упростить работу исполнителей, так и сократить производственный цикл.

#### Библиографический список

- ГОСТ 57945-2017. Система технологического обеспечения разработки и постановки на производство изделий космической техники. Термины и определения. Введ. 2018-06-01. Москва: Стандартинформ, 2018. 15 с.
- ГОСТ 3.1121-84. Общие требования к комплексности и оформлению комплектов документов на типовые и групповые технологические процессы (операции). Введ. 1986-01-01. Москва: Стандартинформ, 2012. 48 с.
- Сатановский Р. А., Элент Д. Трансформация ключевого показателя управления эффективной организации серийного производства // Организатор производства. 2023. Т. 31, № 1. С. 34 – 47. DOI: 10.36622/VSTU.2023.94.85.003. EDN: VQIODOV.
- ГОСТ 56020-2020. Бережливое производство. Основные положения и словарь. Введ. 2021-08-01. Москва: Стандартинформ, 2020. 20 с.
- Темасова Г. Н., Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж. [и др.]. Внедрение элементов бережливого производства на промышленных предприятиях // Компетентность. 2023. № 6. С. 41 – 46. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-6-41-46. EDN: JKHKCM.
- Лийн Е. А., Хомутская О., Ванцов С. Применение методов алгоритмизации в процессе имитационного моделиро-

ования технологических процессов // Электроника: наука, технология, бизнес. 2023. № 1. С. 122 – 127. DOI: 10.22184/1992-4178.2023.222.1.122.127.

7. Лийн Е. А., Коробков М. А., Хомутская О. В. [и др.]. Формализация работы производственного участка для разработки имитационной модели выполнения сменно-суточного задания // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 5. С. 212 – 215.

8. Kaushik A. K., Dwivedi A. A Review on Assembly Line Balancing by Different Approaches // International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology. 2023. Vol. 10, Issue 3. P. 619 – 625. DOI: 10.32628/IJSRSET23103174.

9. Tkitek Z., Triki H., Frikha H. Review of Multi-Manned Assembly Line Balancing Problem // Fifth International Conference of the Tunisian Operational Research Society. 2022. P. 1 – 5.

10. Оно Т. Производственная система Тойоты. Уходя от массового производства / пер. с англ. Москва: Изд-во ИКСИ, 2005. 192 с. ISBN 5-902677-04-1.

11. Сигео С. Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства / пер. с англ. Москва: Изд-во ИКСИ, 2006. 312 с. ISBN 5-903148-03-4.

**ПОНОМАРЕВА Виктория Сергеевна**, магистрант гр. МЗО-211М-22 Московского авиационного института (Национальный исследовательский университет) (МАИ), г. Москва.

Адрес для переписки: ronopomaryovavika21@gmail.com

**ХОМУТСКАЯ Ольга Владиславовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Цифровые технологии и информационные системы» МАИ, г. Москва.

SPIN-код: 8207-4130

AuthorID (РИНЦ): 1061146

Адрес для переписки: Khomutskayaov@gmail.com

#### Для цитирования

Пономарева В. С., Хомутская О. В. Исследование технологии производства как фактора, влияющего на время цикла сборки изделия // Омский научный вестник. 2024. № 2 (190). С. 43 – 49. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-190-43-49.

Статья поступила в редакцию 14.12.2023 г.

© В. С. Пономарева, О. В. Хомутская

# RESEARCH OF PRODUCTION TECHNOLOGY AS A FACTOR INFLUENCING THE TIME OF THE PRODUCT ASSEMBLY CYCLE

Nowadays the organization of domestic serial production of high-tech products requires a lot of time. On the one hand, the reason is the restructuring of logistics chains with foreign suppliers, on the other hand, the building of cooperation in the country. For example, the duration of the implementation of promising production projects in the space industry is still years. Factories are changing approaches in the organization of work — one of the main ways to influence the duration of production is to reduce the time of their own production cycle. As a rule, the analysis of the organization of serial production begins with the final assembly, which determines the fact of work for all other sites that produce components. When evaluating the effectiveness of the organization of assembly production, criteria and factors are determined. The time of the product assembly cycle is taken as the efficiency criterion. It is necessary to determine the degree of significance for each factor and understand their mutual influence on each other.

The purpose of the research is to develop a unified system of factors affecting the cycle, and a method based on this system for evaluating the effectiveness of the organization of assembly production. The article considers the technological process as a factor affecting the product assembly cycle.

**Keywords:** technological process, production technology, serial production, cycle reduction, assembly line.

## References

1. GOST 57945-2017. Sistema tekhnologicheskogo obespecheniya razrabotki i postanovki na proizvodstvo izdeliy kosmicheskoy tekhniki. Terminy i opredeleniya [System of technological providing for development and raising production of wares of space technology. Terms and definitions]. Moscow, 2018. 15 p. (In Russ.).
2. GOST 3.1121-84. Obshchie trebovaniya k kompleksnosti i oformleniyu komplektov dokumentov na tipovye i gruppovye tekhnologicheskie protsessy (operatsii) [Unified system of technological documentations. General requirements for completeness and arrangement of sets of documents on typical and group technological processes (operations)]. Moscow, 2012. 48 p. (In Russ.).
3. Satanovskiy R. L., Ellent D. Transformatsiya klyuchevogo pokazatelya upravleniya effektivnoy organizatsii seriyного proizvodstva [Transformation of the key management indicator of effective series production organization] // Organizator proizvodstva. *Organizer of Production*. 2023. Vol. 31, no. 1. P. 34–47. DOI: 10.36622/VSTU.2023.94.85.003. EDN: VQIODV. (In Russ.).
4. GOST 56020-2020. Berezhlivoe proizvodstvo. Osnovnye polozheniya i slovar' [Lean production. Fundamentals and vocabulary]. Moscow, 2020. 15 p. (In Russ.).
5. Temasova G. N., Leonov O. A., Shkaruba N. Zh. [et al.]. Vnedrenie berezhlivogo proizvodstva na promyshlennyykh predpriyatiyakh [Introduction of Lean Production Elements in Industrial Enterprises] // Kompetentnost'. *Competency*. 2023. No. 6. P. 41–46. DOI: 10.24412/1993-8780-2023-6-41-46. EDN: JKHKCM. (In Russ.).
6. Lijn E., Khomutskaya O., Vantsov S. Primeneniye metodov algoritmizatsii v protsesse imitatsionnogo modelirovaniya tekhnologicheskikh protsessov [Application of algorithmic methods in the process of process of simulation modeling of technological processes] // Elektronika: nauka, tekhnologiya, biznes. *Electronics: Science, Technology, Business*. 2023. No. 1. P. 122–127. DOI: 10.22184/1992-4178.2023.222.1.122.127. (In Russ.).
7. Lijn E. A., Korobkov M. A., Khomutskaya O. V. [et al.]. Formalizatsiya raboty proizvodstvennogo uchastka dlya rasrabotki imitatsionnoy modeli vypolneniya smenno-sutochnogo zadaniya [Formalization of the work of the production site for the development of a simulation model for performing a daily task] // Nauchno-tehnicheskiy vestnik Povolzh'ya. *Scientific and Technical Volga Region Bulletin*. 2023. No. 5. P. 212–215. (In Russ.).
8. Kaushik A. K., Dwivedi A. A. Review on Assembly Line Balancing by Different Approaches // International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology. 2023. Vol. 10, Issue 3. P. 619–625. DOI: 10.32628/IJSRSET23103174. (In Engl.).
9. Tkitek Z., Triki H., Frikha H. Review of Multi-Manned Assembly Line Balancing Problem // Fifth International Conference of the Tunisian Operational Research Society. 2022. P. 1–5. (In Engl.).
10. Ohno T. Proizvodstvennaya Sistema Toyoty. Ukhodya ot massovogo proizvodstva [Toyota Production. Beyond Large-Scale Production] / trans. from Engl. Moscow, 2005. 192 p. ISBN 5-902677-04-1. (In Russ.).
11. Shigeo Sh. Izuchenie proizvodstvennoy sistemy Toyoty s tochki zreniya organizatsii proizvodstva [The Study of the Toyota

---

**PONOMAREVA Viktoria Sergeevna**, Undergraduate,  
gr. M3O-211M-22, Moscow Aviation Institute (National  
Research University) (MAI), Moscow.  
Correspondence address: ponomaryovavika21@gmail.  
com

**KHOMUTSKAYA Olga Vladislavovna**, Candidate  
of Technical Sciences, Associate Professor of Digital  
Technologies and Information Systems Department,  
MAI, Moscow.

**For citations**

Ponomareva V. S., Khomutskaya O. V. Research of production  
technology as a factor influencing the time of the product  
assembly cycle // Omsk Scientific Bulletin. 2024. No. 2 (190).  
P. 43 – 49. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-190-43-49.

**Received December 14, 2023.**

© V. S. Ponomareva, O. V. Khomutskaya