

МАКСИМИЗАЦИЯ ЭКОНОМИИ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ В РЕЗУЛЬТАТЕ БАЛАНСИРОВКИ ПОТОЧНОЙ ЛИНИИ СБОРКИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДИСКРЕТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Щербак А. В.¹, Овчинников П. В.², Погорелова Л. А.³
*(Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова, Новочеркасск)*
Савельчев П. П.⁴

(АО УК «Брянский машиностроительный завод», Брянск)

Рассматриваются вопросы расчета объема высвобождаемых финансовых ресурсов, а также достижение максимального экономического эффекта посредством постановки математической задачи оптимизации при рациональном сочетании параметров, регулирующих течение производственных процессов на сборочном производстве. Методологическую базу исследования составляют теоретические и практические данные по организации сборочного производства, экономике предприятия, математическим методам решения оптимизационных задач. В рамках исследования были реализованы задачи по анализу особенностей функционирования поточной линии сборки; обозначены направления, которые обуславливают формирование высвобождения финансовых ресурсов в результате проведения мероприятий по оптимизации производственного процесса, а также разработаны рекомендации для формирования универсальной методики расчета суммарного экономического эффекта при балансировке поточной линии сборки, сформулирована задача оптимизации, направленная на максимизацию экономического эффекта при рациональном подборе контролируемых параметров работы линии сборки. Приведен обобщенный управленческий подход к балансировке линии сборочного производства. В результате балансировки поточной линии сборки выравнивается производственный такт, что в свою очередь обеспечивает, во-первых, снижение уровня межоперационных заделов в результате сопряжения технологических операций по производственной мощности, во-вторых, способствует сокращению производственного цикла изготовления продукции.

Ключевые слова: ускорение оборачиваемости оборотных средств, управление материальными ресурсами, снижение межоперационных

¹ Александр Васильевич Щербак, студент (alexandershcherbak@mail.ru).

² Петр Вячеславович Овчинников, к.э.н., доцент, декан факультета инноватики и организации производства (pvo78@yandex.ru).

³ Людмила Александровна Погорелова, к.э.н., доцент (pogorelova_la@npi-tu.ru).

⁴ Павел Петрович Савельчев, директор по экономике и финансам (savelchev00@bk.ru).

заделов, снижение объемов незавершенного производства, оптимизация производственного процесса, максимизация прибыли.

1. Введение

В настоящее время при определении уровня финансовой устойчивости и эффективности функционирования финансового механизма предприятий, имеющих продолжительный по времени производственный цикл изготовления изделий, значительное внимание уделяется анализу объемов незавершенного производства.

В общем смысле, незавершённое производство (далее НЗП) – продукция, не прошедшая всех стадий технологического процесса [10]. Как правило, предприятия, имеющие незавершённое производство, относятся к таким отраслям как машиностроение, легкая и пищевая промышленность, а также к другим, производство продукции на которых занимает достаточно долгий календарный период времени.

Оптимизация производственных запасов и уменьшение объемов незавершённого производства играют ключевую роль в эффективном управлении производством [4]. НЗП фактически представляет собой временно иммобилизованные финансовые ресурсы предприятия, поскольку не могут быть быстро превращены в ликвидные финансовые инструменты. НЗП занимает существенную часть оборотных активов, представляя собой одну из наименее ликвидных их частей. Кроме того, рост величины НЗП непосредственно сказывается на размерах затрат на производство продукции, а также снижению её конкурентоспособности. Уменьшение объемов незавершённого производства в целом позволяет повысить экономические показатели промышленных предприятий.

В настоящий момент существует достаточное количество инструментов и способов, позволяющих уменьшить объёмы НЗП на предприятиях промышленного характера [3]. В качестве таковых применяют инструменты бережливого производства, осуществляют модернизацию предприятий новым высокотехнологичным и высокопроизводительным оборудованием, совершен-

ствуют технологию производства изделий. Так как незавершенное производство напрямую зависит от производственного цикла продукции, следовательно, необходимы в том числе определённые организационно-технические мероприятия, направленные на сокращение длительности производственного цикла. Уменьшение объемов НЗП должно приводить к высвобождению финансовых ресурсов. Таким образом, актуальность настоящего исследования определяется тем, что для принятия управленческих решений необходимо иметь представление относительно объемов высвобождаемых финансовых ресурсов в результате проведения оптимизационных мероприятий. Также в условиях сложившихся требований к ускорению развития производственных систем руководство современной российской компании должно оперировать методическими рекомендациями, позволяющими оценить эффективность реализации мероприятий по сокращению затрат времени на производство продукции, с точки зрения экономии финансовых ресурсов [18].

Это, в частности, необходимо учитывать при реализации национальных проектов, в том числе нацпроект «Производительность труда» [8].

Цель исследования – разработать методические рекомендации для оценки и достижения максимального экономического эффекта, выражающегося в высвобождении финансовых ресурсов в результате сокращения длительности производственного цикла посредством балансировки поточной линии на сборочном производстве.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- проанализированы особенности функционирования поточной линии сборки;
- определены основные мероприятия при проведении балансировки поточной линии;
- выделены основные направления, которые способствуют снижению материальных затрат при сокращении процесса сборки изделий и сопряжения операций сборочного процесса по производственной мощности;
- разработаны методические рекомендации для определения экономического эффекта по определению высвобождения

финансовых ресурсов в результате изменений при трансформации производственного процесса сборки;

– сформулирована задача максимизации экономического эффекта в множестве заданных параметрах структурных элементов производственной системы.

2. Методология исследования

Основная проблема длительного производства продукции заключается в неравномерности производственного процесса, которая приводит к долгим перегрузкам или простоям оборудования и рабочего персонала [7]. Таким образом, целесообразно разрабатывать и внедрять мероприятия, направленные на выравнивание производственного процесса посредством сопряжения операций по производственной мощности. Рассмотрим далее поточную линию сборки как элемент производственного процесса. Для линии сборки можно говорить о выравнивании такта, т.е. периода времени между выпусками изделий с линии. Для эффективной работы линии выходной такт должен соответствовать интенсивности поступления изделий на линию и ритмичности перемещения на ней. Это достигается балансировкой линии, в частности – внедрением инструментов бережливого производства, что способствует более равномерной загрузке оборудования и рабочего персонала и, как следствие, обеспечивает [2]:

- 1) сокращение длительности производственного цикла продукции;
- 2) рост производительности и качества продукции;
- 3) снижение затрат на производство.

Балансировка линии сборки представляет собой процесс распределения работ между рабочими местами или участками, таким образом, чтобы операторы имели приблизительно одинаковую рабочую загрузку, которая соответствует времени такта производства [13]. На рис. 1 выделены основные этапы балансировки поточной линии на сборочном производстве.

Балансировка поточной линии сборки включает себя следующие этапы:

1. Расчет необходимого времени такта.



Рис. 1. Алгоритм проведения балансировки поточной линии сборки

2. Проведение пооперационных хронометражей и построение критического пути.

3. Расчет необходимого количества постов на линии (т.е. рабочих мест либо участков, на которых выполняются определенные сборочные операции).

4. Распределение операций между постами.

5. Расчет количества основных рабочих и загрузки линии.

6. Формирование шаблона карт последовательности выполнения операций (ПВО).

7. Анализ загрузки рабочих на сборочной линии.

8. Разработка возможных сценариев балансировки.

Таким образом, балансировка поточной линии на сборочном производстве на всех стадиях технологического процесса посредством минимизации затрат времени и ресурсов позволяет достичь максимальной эффективности производственного процесса, что ведёт к наращиванию объема производства с наименьшими затратами, а также улучшению финансовых показателей предприятия [1].

Повышение уровня сбалансированности операций на поточной линии сборки обеспечивается посредством реализации мероприятий по каждому из направлений, представленных в таблице 1 [15]:

Реализация мероприятий, представленных в таблице 1, обеспечивает повышение уровня сбалансированности операций на поточной линии, что, в свою очередь, обуславливает особый экономический эффект, формируемый за счет более рационального управления оборотными средствами предприятия [9].

Таблица 1. Мероприятия, направленные на повышение уровня сбалансированности операций на поточной линии сборки

Направление	Мероприятия, способствующие повышению уровня сбалансированности поточной линии
Инфраструктура (суммарный параметр по направлению <i>I</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – загрузка рабочего в рамках одной позиции не менее 90% от времени такта; – запуск и закрытие технологических операций сборочной позиции выполняются в 100% соответствии с картой ПВО; – общее плановое время сборки не превышает времени 110% времени критичного пути; – проводится непрерывный мониторинг эффективности работы оборудования; – обеспечивается доступность и наглядность конструкторской и технической документации; – ведется учет инструмента.
Планирование (суммарный параметр по направлению <i>P</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – расчет годового времени такта; – автоматизация формирования внутренних заказов и заданий на смену; – контроль фактического времени выполнения технологических операций и сборки; – автоматизированное закрытие нарядов и списание материалов; – анализ внеплановых простоев линии; – контроль уровня незавершенного производства.
Снабжение – склад – логистика (суммарный параметр по направлению <i>SL</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – прямые поставки комплектующих на линию сборки от крупнейших поставщиков; – формирование комплектов ТМЦ разных поставщиков на буферных складах заводов; – формирование комплектов на складе поставщика/на территории цеха-поставщика; – поставка деталей на линию в 100% соответствии с картой ПВО и с учетом времени проведения входного контроля; – учет местонахождения комплектации в режиме реального времени.
Качество (суммарный параметр по направлению <i>K</i>)	<ul style="list-style-type: none"> – соответствие компетенций и квалификации работника проводимым работам; – контроль качества покупной продукции осуществляет производитель/поставщик; – внедрение системы бездефектного производства.

Направление	Мероприятия, способствующие повышению уровня сбалансированности поточной линии
Персонал (суммарный параметр по направлению T)	<ul style="list-style-type: none"> – уровень освоения компетенций одного сотрудника в рамках сборочной позиции - не менее 50%; – в рамках сборочной позиции отсутствуют критичные с точки зрения компетенций операции; – уровень внедренных предложений по улучшению для каждой сборочной позиции = 2 предложения в год на 1 основного рабочего;

Отметим тот факт, что прерывная поточная сборочная линия (ППСЛ) на сборочном производстве преобразуется в непрерывно-поточную сборочную линию (НПСЛ) [19]. Данный факт планируется использовать для расчета экономического эффекта от снижения объемов незавершенного производства и сокращения длительности производственного цикла сборки изделия.

В результате проведения мероприятий, представленных в таблице 1, достигается максимальная сбалансированность операций на поточной линии сборки: длительность всех технологических операций становится примерно равной, а также соответствует такту поточной линии.

Рассмотрим далее общий методический подход к определению размера высвобождаемых финансовых ресурсов в результате балансировки поточной линии сборки на примере предприятия дискретного машиностроения.

Во-первых, при выравнивании такта поточной линии сборки и синхронизации смежных операций по производственной мощности минимизируются затраты на формирование межоперационных заделов. Рассмотрим структурные составляющие задела на линии поточной сборки до и после внедрения мероприятий.

До внедрения мероприятий по синхронизации технологических операций, когда отсутствует кратность длительности операций такту, и для поддержания непрерывности процесса на операциях помимо технологического, транспортного и резервного задела дополнительно создается межоперационный задел [6], динамика которого в течение всего периода работы поточной линии

между смежными операциями рассчитывается следующим образом:

$$(1) Z_{об.i,i+1} = \frac{T_j \times C_i}{t_{шт.i}} - \frac{T_j \times C_{i+1}}{t_{шт.i+1}},$$

где T_j – продолжительность j -го частного периода между смежными операциями при неизменном числе работающих единиц оборудования, мин; C_i и C_{i+1} – число единиц оборудования соответственно на i -й и $(i + 1)$ -й операциях в течение частного периода времени T_j ; $t_{шт.i}$ и $t_{шт.i+1}$ – нормы штучного времени соответственно на i -й и на $(i + 1)$ -й операциях технологического процесса, мин.

Для расчета экономического эффекта, который в данном случае будет выражен в экономии финансовых ресурсов на объемы незавершенного производства, находящихся в межоперационных заделах в каждый момент производственного процесса, обратимся к методике, представленной в работе [5]. В общем виде определение среднего межоперационного задела между каждыми двумя смежными операциями можно представить алгоритмом, приведенном на рис. 2.

На основе рассчитанных средних величин межоперационных заделов в настоящем исследовании предлагается определение экономического эффекта в результате их минимизации при проведении мероприятий по балансировке поточной линии сборки.

Стоимостной размер среднего межоперационного задела между каждыми смежными операциями определяется следующим образом:

$$(2) MO_{i,i+1} = C_{ki} \times Z_{ср.об.и},$$

где C_{ki} – наращиваемая (кумулятивная) стоимость единицы продукции на выходе с i -й операции процесса сборки изделия, руб.

Суммарный экономический эффект при минимизации межоперационных заделов в результате балансировки поточной линии сборки представляет собой сумму стоимостного выражения средних межоперационных заделов по всей технологической цепочке сборки изделия:

$$(3) \mathcal{E}_{мо} = \sum_{i=1}^n MO_{i,i+1},$$

где n – количество операций сборочного процесса.

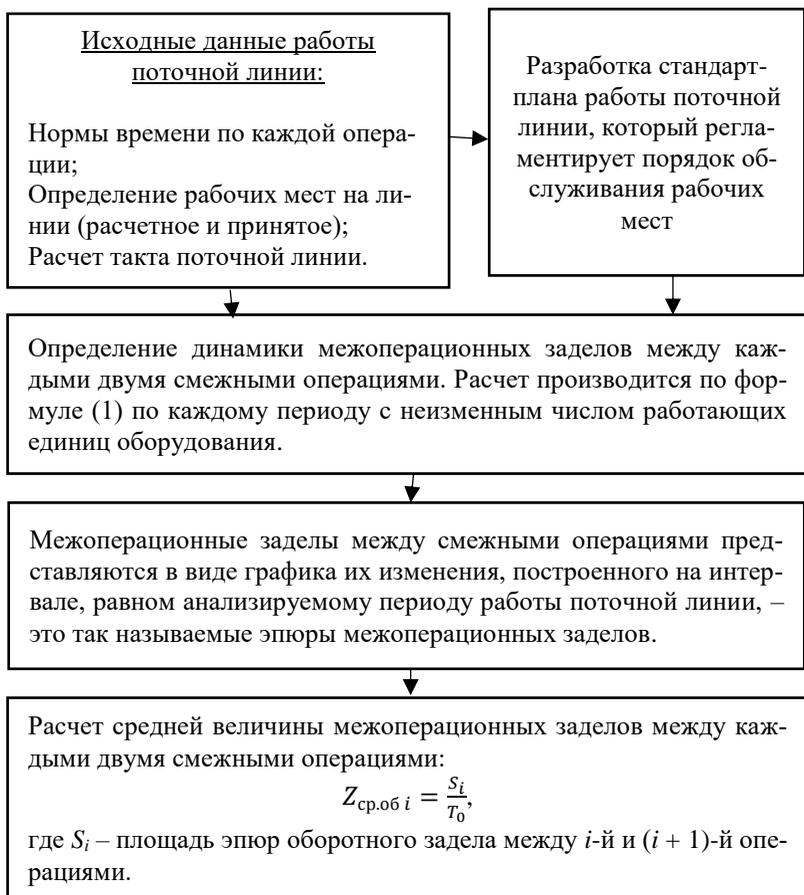


Рис.2. Алгоритм расчета среднего межоперационного задела между смежными операциями на поточной линии

Отметим также, что в результате проведения мероприятий по балансировке поточной линии сборки помимо синхронизации операций по производственной мощности наблюдается сокращение времени процесса сборки изделия, которое формирует экономию финансовых ресурсов на основе ускорения оборачиваемости оборотных средств предприятия.

Методика расчета экономической эффективности в результате сокращения длительности производственного цикла сборки

изделий на примере предприятия дискретного машиностроения представлена в работе [12]. Обобщая практические расчеты, представленные в вышеуказанной работе, последовательность действий для определения экономического эффекта в результате ускорения оборачиваемости оборотных средств можно представить в виде следующих этапов:

1. Расчет входных параметров, в том числе:

1.1. Длительность производственного цикла сборки изделия до и после внедрения балансировочных мероприятий ($T_{ц}$, $T_{ц}'$).

1.2. Стоимость продукции по полной себестоимости (ВП).

1.3. Нормативный фонд времени работы оборудования в течение периода ($\Phi_{н}$).

2. Определение коэффициента оборачиваемости оборотных средств до и после проведения мероприятий по балансировке [21]:

$$(4) K_{об} = \frac{\Phi_{н}}{T_{ц}}$$

3. Расчет на основе коэффициентов оборачиваемости потребности в оборотных средствах до и после проведения мероприятий по балансировке поточной линии сборки:

$$(5) COC = \frac{ВП}{K_{об}}$$

При балансировке поточной линии сборки наблюдается сокращение длительности производственного цикла изготовления изделия. В результате за меньший период времени создается аналогичная прибавочная стоимость. Таким образом, экономический эффект в результате ускорения оборачиваемости оборотных средств представляет собой разницу в потребности в оборотных средствах до и после проведения мероприятий по балансировке поточной линии, оцениваемый на объем продукции по полной себестоимости:

$$(6) \Delta_{об} = \frac{ВП \times T_{ц}}{\Phi_{н}} - \frac{ВП \times T_{ц}'}{\Phi_{н}} = \frac{ВП}{\Phi_{н}} \times (T_{ц} - T_{ц}')$$

Рис. 3 наглядно демонстрирует структурные составляющие каждого из обозначенных направлений при оценке экономической эффективности мероприятий по балансировке поточной линии сборки.

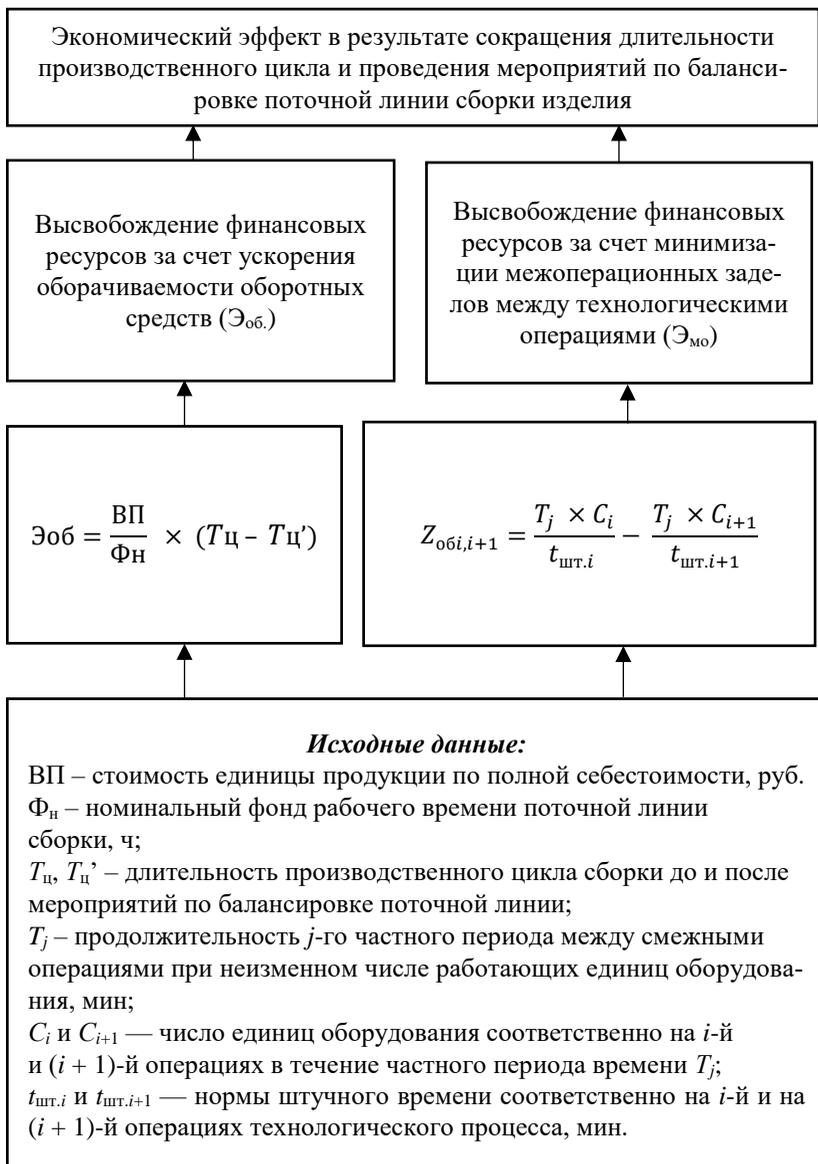


Рис.3. Алгоритм оценки экономического эффекта в результате изменения длительности производственного цикла сборки изделия

Таким образом, потенциальный эффект от снижения объемов незавершенного производства в производственном процессе представляет собой суммарный эффект по следующим направлениям:

1. Минимизация межоперационных заделов при балансировке поточной сборочной линии по всей цепочке технологических операций, что выражается в абсолютном высвобождении финансовых ресурсов, затраченных на их формирование.

2. Ускорение оборачиваемости при сокращении длительности производственного цикла изготовления изделия, т.е. тот же самый объем готовой продукции формируется за счет меньшего объема оборотных фондов. Экономический эффект достигается за счет сокращения потребности в оборотных средствах на изготовление аналогичного объема продукции.

В соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 3 суммарный экономический эффект вследствие реализации мероприятий по балансировке сборочной линии, определяется следующим образом:

$$(7) \quad \mathcal{E} = \mathcal{E}_{об} + \mathcal{E}_{мо} = \frac{ВП \times \Delta T_{ц}}{\Phi_{н}} + \sum_{i=1}^n MO_{i,i+1} .$$

На основании формулы (7), представляющей расчет суммарного экономического эффекта от мероприятий по балансировке поточной линии, можно сделать вывод, что основным параметром, который влияет на его величину, является параметр сокращения длительности производственного цикла ($\Delta T_{ц}$). В свою очередь, при сокращении времени производства изделия посредством балансировки смежных операций также происходит сокращение расходов на создание межоперационных заделов ($\sum_{i=1}^n MO_{i,i+1}$), которые поддерживают непрерывность процесса сборки изделий. Показатели выпуска продукции (ВП) и номинального фонда рабочего времени ($\Phi_{н}$) являются постоянными до и после проведения мероприятий.

С целью получения максимального эффекта от мероприятий по балансировке поточной линии и сокращения длительности производственного процесса сборки изделия, возникает необходимость оптимизации структурных составляющих мероприятий, способствующих повышению уровня сбалансированности поточной линии (изложены в таблице 1).

Стандартное математическое представление задач оптимизации имеет следующий вид:

$$(8) f(x) \Rightarrow \max_{x \in U}(\min)$$

где $f(x)$ – целевая функция; U – допустимое множество, заданное ограничениями на управляемые переменные.

Таким образом, целевая функция суммарного экономического эффекта (Э) при реализации мероприятий по балансировке поточной линии сборки должна стремиться к своему максимальному значению.

В рамках настоящего исследования задача оптимизации сводится к максимизации целевой функции в множестве элементов каждого состояния системы, представленных в таблице 1.

На основании таблицы 1 сформируем матрицу параметров по направлениям повышения уровня сбалансированности поточной линии сборки:

$$(9) X = \begin{pmatrix} I_1 & P_1 & SL_1 & K_1 & T_1 \\ I_2 & P_2 & SL_2 & K_2 & T_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_n & P_n & SL_n & K_n & T_n \end{pmatrix},$$

где X – множество параметров каждого состояния, образуемых производственной системой.

Следовательно, сокращение длительности производственного цикла ($\Delta T_{ц}$) зависит от оптимальной комбинации параметров I, P, SL, K, T .

Стоит отметить, что реализация мероприятий по балансировке поточной линии, представленных в таблице 1, сопровождается определенными расходами, включающими, например, затраты на приобретение дополнительного оборудования, привлечение дополнительных работников на операции, освоение персоналом дополнительных компетенций.

Таким образом, вид целевой функции в рамках решения задачи оптимизации в настоящем исследовании можно представить следующим образом:

$$(10) f(x) = (\mathcal{E}_i - C_i) \Rightarrow \max,$$

где \mathcal{E}_i – суммарный экономический эффект от снижения объемов незавершенного производства при $\Delta T_{\text{ш}}$; C_i – затраты на реализацию мероприятий по балансировке поточной линии сборки при $\Delta T_{\text{ш}}$, $i = 1, \dots, n$.

Дополнительно в рамках решения задачи оптимизации требуется проверка следующего условия:

$$(11) (C_i) \leq \mathcal{E}_i.$$

Таким образом, для решения задачи оптимизации перспективу исследования представляют следующие направления:

- разработка модели по определению структуры и характера затрат на проведение мероприятий по балансировке поточной линии сборки;
- разработка модели регрессионной зависимости длительности производственного цикла от мероприятий, способствующих повышению уровня сбалансированности поточной линии.

Данные направления представляют собой отдельные подзадачи, требующие дополнительных эмпирических наблюдений в условиях реального производственного процесса.

3. Выводы и результаты

Результаты настоящего исследования позволяют сформировать методику для определения количественных показателей эффективности внедрения мероприятий по оптимизации производственного цикла продукции посредством использования инструментов бережливого производства [14], что позволит руководству производственных предприятий активно акцентировать внимание на совершенствовании элементной структуры организации производственного процесса, а также оценивать и максимизировать финансовый результат от внедряемых производственных мероприятий при внедрении инструментов бережливого производства.

Реализация мероприятий, направленных на сокращение длительности производственного цикла, напрямую взаимосвязана с размером экономического эффекта, получаемого при оптимальном соотношении параметров мониторинга работы поточной линии сборки посредством решения задачи математической опти-

мизации. Максимальный потенциал синергизации экономического эффекта возможен при консолидации исследований в области математической оптимизации параметров мониторинга и аспектов энтропийного управления сборочным производством, рассмотренных в работе [11], что и представляет перспективу дальнейших исследований.

При этом необходимо понимание оптимального сокращения длительности производственного цикла, дающего максимальный экономический эффект, что представляет собой весьма перспективное решение в условиях масштабного внедрения технологий искусственного интеллекта в производственные процессы [18].

Сокращение длительности производственного цикла позволяет:

1) снизить потребность предприятия в оборотных средствах, т.е. использование аналогичного объема оборотных средств позволяет произвести больший объем продукции;

2) соответственно, снижение потребности предприятия в запасах позволяет уменьшить потребность в складских помещениях для хранения сырья, полуфабрикатов и незавершённого производства [20];

3) увеличить эффективность использования основных производственных фондов предприятия;

4) снизить себестоимость и увеличить конкурентоспособность продукции;

5) осуществлять мероприятия по модернизации основных производственных фондов.

В заключение хотелось бы указать, что в рамках реализации национального проекта «Производительность труда», который успешно внедряется на отечественных предприятиях с 2019 года и предполагает использование инструментов бережливого производства [16] при оптимизации производственного процесса с целью повышения производительности труда, разработанные в настоящем исследовании методические рекомендации приобретают особую актуальность, так как позволят собственнику наглядно оценить размер высвобождаемых финансовых ресурсов в результате выполненных мероприятий.

Литература

1. АЛПАТОВ Ю.Н. *Математическое моделирование производственных процессов*. – С.-Пб.: Лань, 2023. – 136 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/330485> (дата обращения: 13.08.2024).
2. АРИСТОВА Н.И. *О повышении эффективности сборочной линии // Сборка в машиностроении, приборостроении*. – 2020. – №10. – С. 440–443.
3. АРТАМОНОВА Ю.С., ЛАПИН Р.Д. *Оптимизация себестоимости промышленной продукции на основе внедрения бережливого производства // Друкеровский вестник*. – 2023. – №1(51). – С. 86–95. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/335789> (дата обращения: 28.08.2024).
4. ГИЁСОВ У. *Понятие производственного потенциала и основные виды ресурсов, применяемых в производстве // Бюллетень науки и практики*. – 2020. – №3. – С. 279–288. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/312707> (дата обращения: 25.07.2024).
5. ЛАВРОВ Г.И. *Организация производства и менеджмент в машиностроении: учебное пособие*. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 256 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/55433> (дата обращения: 05.09.2024).
6. МУРАХТАНОВА Н.М., АЛЕКСАНДРОВА Н.В., БОРГАРДТ Е.А. и др. *Оперативное управление производством: учебник // Под общ. ред. Н.М. Мурахтановой*. – Тольятти: ТГУ, 2014. – 332 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/139795> (дата обращения: 23.07.2024).
7. НАЗАРЕНКО А.В., ЗАПОРОЖЕЦ Д.В./, КЕНИНА Д.С. и др. *Производственный менеджмент: учебное пособие*. – Ставрополь: СтГАУ, 2017. – 140 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/107210> (дата обращения: 11.08.2024).

8. *Национальный проект «Производительность труда» / Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/nacionalnyu_prouekt_proizvoditelnost_truda/ (дата обращения: 30.08.2024).*
9. ОРЛОВ В.Н. *Использование инструментов бережливого производства для повышения эффективности производства // Вестник Курганского государственного университета. Серия Технические науки. – 2013. – № 29. – С. 93–95. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/journal/issue/290328> (дата обращения: 20.08.2024).*
10. ПОГОРЕЛОВА Л.А. *Диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия. – Новочеркасск: Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, 2023. – 87 с. – EDN BSSERT.*
11. ПОГОРЕЛОВА Л.А., ОВЧИННИКОВ П.В. *Методика энтропийного управления сборочным производством // Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2024. – №68. – С. 235–253. – DOI 10.17223/19988648/68/12. – EDN IYIPSY.*
12. ПОГОРЕЛОВА Л.А., ОВЧИННИКОВ П.В., САВЕЛЬЧЕВ П.П. *Оценка экономического эффекта в результате ускорения оборачиваемости оборотных средств при балансировке сборочного производства // Друкерровский вестник. – 2024. – №4(60). – С. 182–189.*
13. РОМАНЕНКО В.И., ЯРМАК Ю.Ю. *Проектирование механосборочных участков и цехов: учебное пособие. – Минск: БНТУ, 2022. – 57 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/325676> (дата обращения: 13.08.2024).*
14. ШАТЬКО Д.Б. *Бережливое производство: учебное пособие. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2023. – 155 с. // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/352586> (дата обращения: 24.08.2024).*
15. ALSAADIN N. *Assessment and Enhancement of the Manufacturing*

- Productivity through Discrete Event Simulation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – 2022. – Vol. 1222, No. 1. – P. 012011. – DOI: 10.1088/1757-899x/1222/1/012011. – EDN VUMFGN.
16. BATTISTELLA C., FORNASIER A., PESSOT E. *How can lean tools support the innovation process of SMEs? // Journal of Manufacturing Technology Management.* – 2023. – Vol. 34, No. 6. – P. 1004–1024. – DOI: 10.1108/jmtm-12-2022-0449. – EDN YAEJXB.
 17. FEBRIANSYAH DINATA M., DAHLENA NASUTION M. *Pengaruh Working Capital Turnover, Current Ratio, Leverage Dan Total Assets Turnover Terhadap Return on Investment // Account.* – 2022. – Vol. 9, No. 2. – P. 1708–1717. – DOI: 10.32722/account.v9i2.4904. – EDN ITXKVV.
 18. GRIGORIEVICH T. A. *The implementation of lean and digital management techniques using artificial intelligence in industrial settings // Discover Artificial Intelligence.* – 2024. – Vol. 4, No. 1. – P. 94. – DOI: 10.1007/s44163-024-00186-5. – EDN OTAVKI.
 19. KOÇ B. *Integration of digital lean principles and line balancing in apparel manufacturing // Journal of Textile Engineering & Fashion Technology.* – 2024. – Vol. 10, No. 1. – P. 1–9. – DOI: 10.15406/jteft.2024.10.00358. – EDN CZLRVR.
 20. KUBETSKA O.M., OSTAPENKO T.M., PALESHKO YA.S. *Management of Current Assets of Enterprise under Special Conditions // Бизнес информ.* – 2022. – Vol. 8, No. 535. – P. 159–165. – DOI: 10.32983/2222-4459-2022-8-159-165. – EDN UKNARZ.
 21. MURTHY T., YEO D. *Life Sciences Discovery and Technology Highlights // SLAS Technology.* – 2022. – Vol. 27, No. 1. – P. 94–96. – DOI: 10.1016/j.slant.2022.01.004. – EDN JIDQZQ.

MAXIMIZING SAVINGS IN FINANCIAL RESOURCES AS A RESULT OF BALANCING THE ASSEMBLY LINE AT DISCRETE ENGINEERING ENTERPRISES

Alexander Shcherbak, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia, Student

(alexandershcherbak@mail.ru).

Pyotr Ovchinnikov, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Candidate of Economics, Associate Professor, Dean of the Faculty of Innovation and Production Organization (pvo78@yandex.ru).

Lyudmila Pogorelova, M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Candidate of Economics, Associate Professor (pogorelova_la@npi-tu.ru).

Pavel Savelchev, Director of Economics and Finance, Bryansk Machine-Building Plant Management Company JSC, Bryansk, Russia.

Abstract: The article discusses the issues of calculating the amount of financial resources released, as well as achieving maximum economic effect by setting a mathematical optimization problem with a rational combination of parameters regulating the flow of production processes in the assembly plant. The methodological basis of the research consists of theoretical and practical data on the organization of assembly production, the economics of the enterprise, and mathematical methods for solving optimization problems. Within the framework of the study, tasks were implemented to analyze the functioning of the assembly production line; the directions that determine the release of financial resources as a result of measures to optimize the production process were identified, and recommendations were developed for the formation of a universal methodology for calculating the total economic effect when balancing the assembly production line, the optimization task was formulated, aimed at maximizing the economic effect when rational selection of controlled parameters of the assembly line operation. The general management approach to balancing the assembly line is given. As a result of balancing the assembly line, the production cycle is leveled, which, in turn, ensures: firstly, a reduction in the level of interoperable gaps as a result of interfacing technological operations for production capacity, and secondly, it helps to shorten the production cycle of manufacturing products.

Keywords: acceleration of working capital turnover, management of material resources, reduction of inter-operational reserves, reduction of work-in-progress, optimization of the production process, profit maximization.

УДК 65.011.4

ББК 65.05

Статья представлена к публикации членом редакционной коллегии Р.М. Нижегородцевым.

Поступила в редакцию 29.10.2024.

Опубликована 31.03.2025.