

УДК 65.011.56

DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-24-32

Результаты патентного исследования в отношении устройств, методов и программных продуктов для планирования процессов поточных производств

И. С. Троценков, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург, Россия
Е. А. Скорнякова, кандидат технических наук, доцент, БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова,
Санкт-Петербург, Россия

С учетом современных реалий, сложившихся на рынке, большое количество российских компаний в таких отраслях, как станкостроение, тяжелое машиностроение, текстильное производство, электронная промышленность, медицинское производство, озадачено обеспечением своей конкурентоспособности и повышением эффективности труда благодаря внедрению разнообразных инструментов, одним из которых является реализация концепции бережливого производства. На сегодняшний день она широко представлена и описана как в зарубежных источниках, так и в отечественных нормативных документах по стандартизации.

Наиболее эффективной формой производства, которое использует данную концепцию, является поточное, поскольку оно воплощает в себе принципы специализации, прямоточности, параллельности, непрерывности, пропорциональности и ритмичности и характеризуется рядом основополагающих параметров, а именно временем такта, временем производственного цикла и временем цикла. Однако, анализируя различные зарубежные и отечественные источники, существуют расхождения в трактовках данных параметров, которые приводят к некорректному их использованию и применению на конкретном производстве, на что указывает данная статья при анализе терминологии.

В статье также отражена ситуация в области патентования устройств, методов и программных продуктов, связанных с описываемыми ранее параметрами, с дополнительным поиском патентов по ключевому слову «балансировка линии» ввиду существенного влияния данного метода на планирование производственных процессов в соответствии с временем такта, которое в свою очередь зависит от спроса на продукцию.

Таким образом можно оценить реальную заинтересованность отечественных предприятий во внедрении и развитии инструментов бережливого производства и методов повышения эффективности труда в части поточного планирования.

Ключевые слова: поточное производство, время такта, время производственного цикла, время цикла, балансировка линии, процесс, операция, патентный поиск.

Введение

Целью представленных в настоящей статье исследований является анализ существующей терминологии в области поточных производств и демонстрация результатов построения патентного ландшафта в отношении способов и систем, предназначенных для анализа и оптимизации технологических процессов, применимых для повышения эффективности функционирования поточных производств.

Согласно федеральному проекту «Производительность труда», являющемуся одним из мероприятий Национального проекта «Эффективная и конкурентная экономика», разработанного во исполнение Указа Президента РФ от 07.05.2024 г. №309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», ключевым для развития отечественных предприятий является повышение производительности труда за счет применения современных инструментов,

таких как «бережливое производство», информационные технологии, аудит производственных процессов и пр.

Стоит отметить, что поточное производство является наиболее эффективной формой организации производства на современных предприятиях [1–3].

Планирование таких производств осуществляется на основе трех ключевых параметров: времени такта (takt time, далее – ВТ), времени производственного цикла (production lead time, далее – ВПЦ) и времени цикла (cycle time, далее – ВЦ) [4–7].

Однако в разных источниках можно встретить отличные друг от друга трактовки этих параметров. Рассмотрим источники, в которых приведены определения ВТ, ВПЦ и ВЦ:

1) Отечественные ГОСТ – ВТ и ВПЦ определены в ГОСТ Р 56020 и представлены впоследствии в ГОСТ Р 56908. Что касается ВЦ, то оно определено только в ГОСТе Р 56908,

причем англоязычный термин ошибочно представлен как lead time вместо cycle time;

2) В глоссарии платформы «производительность.рф» можно найти определение для ВТ, при этом ВПЦ из ГОСТ Р 56020 соответствует термину «Время протекания процесса» в указанном глоссарии, а ВЦ представлено в виде термина «Время цикла операции»;

3) В глоссарии American Society for Quality (далее – ASQ) представлены определения ВТ и ВЦ, как «takt time» и «cycle time» соответственно, термин ВПЦ в глоссарии не определен, однако в нем представлен термин «lead time»;

4) В глоссарии Lean Enterprise Institute (далее – LEI) представлены определения всех ранее упомянутых терминов.

В табл. 1 приведено сравнение вышеупомянутых терминов с добавлением понятий «операция» и «процесс» из ГОСТ Р 56908, глоссария (далее – Глоссарий), представленного на платформе «производительность.рф» Федерального центра компетенций (далее – ФЦК), являющегося оператором национального проекта «Производительность труда» (далее – НП «ПТ») в части адресной поддержки предприятий и глоссариев организаций ASQ и LEI [8].

Таблица 1. Сравнение терминов из ГОСТ Р 56908, глоссария платформы «производительность.рф» и глоссариев организаций ASQ и LEI

Table 1. Comparison of terms from GOST R 56908, glossary of the platform «proizvoditel'nost'.rf» and glossaries of ASQ and LEI organizations

ГОСТ Р 56908 «Бережливое производство. Стандартизация работы»	Глоссарий платформы «производи- тельность.рф»	Глоссарий организации ASQ	Глоссарий организации LEI
Время такта (takt time) – доступное производственное время за определенный период (например, смена, сутки, месяц и т. д.), деленное на объем потребительского спроса за этот период	Время такта – это интервал времени, устанавливающий темп выпуска единицы заказанной продукции, соответствующий потребительскому спросу. Время такта задает скорость работы производства, которая должна точно соответствовать требованиям клиента	Takt time - the rate of customer demand, takt time is calculated by dividing production time by the quantity of product the customer requires in that time. (Скорость удовлетворения спроса клиента, время такта рассчитывается путем деления времени производства на количество продукта, которое требуется клиенту за это время)	Takt time - calculation of the available production time divided by customer demand. (Расчет доступного времени производства, разделенного на потребность клиента)
Время производственного цикла (production lead time) – время прохождения продукции через весь процесс или поток создания ценности от первой операции до последней	Время протекания процесса - время прохождения продукта от момента поступления сырья до выхода готового изделия через все стадии обработки, включая ожидание при хранении в виде запасов, как между операциями, так и на складе готовой продукции	Lead time - the total time a customer must wait to receive a product after placing an order. (Общее время, в течение которого покупатель должен ждать получения продукта после размещения заказа)	Production lead time (Throughput Time or Total Product Cycle Time) - the time required for a product to move all the way through a process or a value stream from start to finish. At the plant level this often is termed door-to-door time. (Время, необходимое продукту для прохождения всего процесса или потока создания ценности от начала до конца. На уровне предприятия это время часто называют временем «от двери до двери»)

Окончание табл. 1

ГОСТ Р 56908 «Бережливое производство. Стандартизация работы»	Глоссарий платформы «производи- тельность.рф»	Глоссарий организации ASQ	Глоссарий организации LEI
Время цикла (lead time) – время, необходимое для выполнения конкретной операции при производстве единицы продукции или услуги в соответствии с процессом	Время цикла операции - время, необходимое оператору для осуществления всех операций на рабочем месте до их повторения	Cycle time – the time required to complete one cycle of an operation. (Время, необходимое для выполнения одного цикла операции)	Cycle time – time required to produce a part or complete a process, as timed by actual measurement. (Время, необходимое для производства детали или завершения процесса, определяемое фактическим измерением)
Операция (operation) – повторяющаяся последовательность действий, приводящая к выполнению задания	Операция – любое действие, которое производит работник или оборудование над сырьем, незавершенным производством или готовым изделием	Operations – work or steps to transform raw materials to finished product. (Работа или действия по преобразованию сырья в готовый продукт)	Operation – work that is done on an item by a machine or person. (Работа, выполняемая над предметом машиной или человеком)
–	Процесс – совокупность последовательных действий, направленных на достижение определенного результата	Process – a set of interrelated work activities that transform inputs into outputs. (Набор взаимосвязанных рабочих операций, которые преобразуют входы в выходы)	Process – a series of individual operations that must occur in a specific sequence to create a design, complete an order, or produce a product. (Серия отдельных операций, которые должны выполняться в определенной последовательности для создания проекта, выполнения заказа или производства продукта)

Согласно представленной таблице, можно отметить, что термины ВТ и ВПЦ из ГОСТ согласуются с аналогичными терминами, взятыми из других источников, термин ВЦ более точно изложен в глоссарии платформы «производительность.рф». В то время как в других источниках даются отдельные определения терминов «операция» и «процесс», в ГОСТе присутствует только термин «операция», который включает в

себя два термина. Также стоит сказать, что наиболее полные и точные определения рассмотренных терминов бережливого производства представлены в глоссариях LEI и платформы «производительность.рф».

Взаимосвязь терминов, определяющих особенности планирования поточного производства, может быть представлена в виде модели на рис. 1.



Рис. 1. Модель взаимосвязи анализируемых терминов

Fig. 1. Model of the relationship of the analyzed terms

Вначале необходимо определить общее время производственного цикла, после на основе спроса вычисляется время такта, то есть задается скорость работы производства, а время цикла определяется с помощью хронометража всех операций.

Значение времени цикла может быть ограничено при проектировании каждого конкретного процесса, ограничения могут быть связаны как с площадью производственного помещения, так и с требованиями к безопасности осуществления работы операторов, неразрывными блоками операций и пр.

В приведенной на рис. 1 модели представлены случаи, когда ВЦ может быть как меньше ВТ, так и больше ВТ. Идеальной ситуацией является равенство ВЦ и ВТ.

С методологической точки зрения организация и планирование поточных производств нашли отражение в большом количестве источников как отечественных, так и зарубежных, что показано анализом, приведенным выше. При этом, учитывая тенденции внедрения цифровых технологий в последние годы, особый интерес представляют разрабатываемые инновационные решения, позволяющие повышать эффективность в том числе и поточных производств.

Ниже представлены результаты проведенного прикладного патентного исследования в отношении устройств, методов и программных продуктов, используемых для совершенствования процесса планирования поточных производств в соответствии с принципами бережливого производства, учитывающего в том числе и опыт других исследователей в части патентных ландшафтов [9].

Результаты проведенных патентных исследований и их анализ

В качестве основного объекта исследования были выбраны устройства, методы и программные продукты, относящиеся к расчету ВТ, а также к устройствам для балансировки поточной линии – распределению операций между процессами с целью достижения равенства ВТ и ВЦ.

Для проведения патентного поиска были отобраны следующие подклассы международного патентного классификатора: G05B (включает рубрики классификатора, относящиеся к регулирующим и управляющим системам общего назначения; функциональным элементам таких систем), G06F (включает рубрики классификатора, относящиеся к способам обработки цифровых данных с помощью электрических устройств), G06Q (включает рубрики классификатора, относящиеся к информационным и ком-

муникационным технологиям, предназначенным для административных или управленческих целей).

В рамках исследования проведен анализ как российских, так и зарубежных разработок, относящихся к расчету ВТ, для которого особенно можно выделить метод балансировки линии («line balancing») [10, 11].

Поиск патентов осуществлялся в базах данных Федерального института промышленной собственности (ФИПС), а также на сайте Европейского патентного ведомства (ЕПВ) и бесплатной онлайн-базы данных патентной и научной литературы The Lens.

В системе ФИПС поиск производился среди программ для ЭВМ с использованием следующих ключевых слов и словосочетаний: «время такта», «балансировка линии». В результате были найдены решения, относящиеся к области проводимых исследований:

– по ключевому слову «время такта»: RU2019612553, RU202161749;

– по ключевому слову «балансировка линии»: RU2019666435, RU2021681968.

При поиске решений, относящихся к системам и способам управления производственно-технологическими процессами предприятия (подклассы G05B, G06F, G06Q), в системах ЕПВ и «The Lens» были использованы следующие ключевые слова и словосочетания: «takt time», «production lead time», «cycle time», «line balancing».

В качестве примера для ключевого слова «takt time» патентный запрос на платформе «The Lens» имел следующую структуру:

(title:("takt time") OR abstract:("takt time") OR claim:("takt time")) AND date_published:([2014-01-01 TO 2024-12-31]) AND publication_type:patent_application AND ((class_ipcr.symbol:G06F*) OR (class_ipcr.symbol:G06Q*) OR (class_ipcr.symbol:G05B*)),

где title:("takt time") OR abstract:("takt time") OR claim:("takt time") – предикат, значение которого истинно, если в заголовке, аннотации или утверждении патентного документа содержится фраза «takt time»; date_published: [2014-01-01 TO 2024-12-31] – патентный документ опубликован в указанном временном диапазоне; publication_type:patent_application – типом патентного документа является патентная заявка; class_ipcr.symbol:G05B* OR-class_ipcr.symbol:G06Q* OR-class_ipcr.symbol:G06F* – документ классифи-

цирован по рубрикам подклассов G05B, G06F, G06Q.

На рис. 2 приведены общие результаты поиска с разбивкой на выбранные подклассы в базе данных «The Lens», поскольку в системе ЕПВ результаты получились схожими.

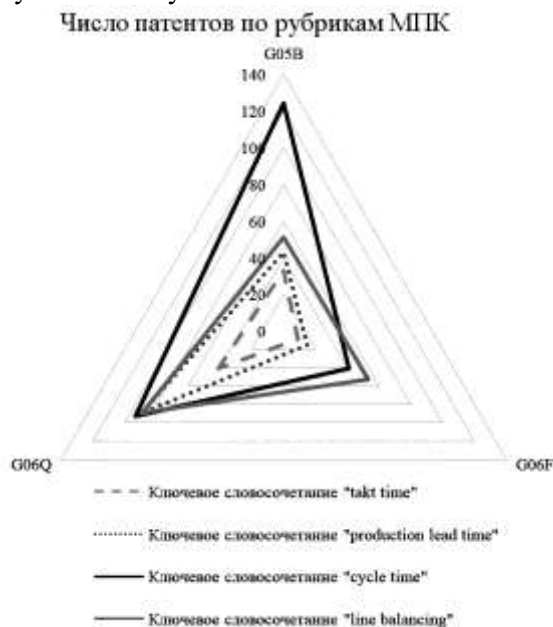


Рис. 2. Радарная схема количества патентов по ключевым словосочетаниям, распределенных по рубрикам

Fig. 2. Radar diagram of the number of patents by keyword phrases distributed by rubrics

Анализируя радарную схему, можно отметить, что патентные документы в большей степени отнесены к подклассу G06Q и в меньшей к G06F. Первый подкласс описывает патенты по представленным ключевым словам с точки зрения информационных технологий и систем, предназначенных для административных, коммерческих и управленческих целей, а ко второму относятся патенты, описывающие устройства, методы и программы, предназначенные для обработки цифровых данных. Также можно заметить, что по ключевому словосочетанию «cycle time» наибольшее число патентов отнесено к подклассу G05B, в их описании в большей степени присутствует регулирующая и управляющая роль над данным параметром. Кроме того, стоит упомянуть, что в подавляющем большинстве случаев один патентный документ может относиться сразу к нескольким подклассам МПК ввиду его множественной направленности.

Количественный анализ активности патентования в динамике устройств, методов и программных продуктов, относящихся к рубрикам международного патентного классификатора,

приведенным выше, выполнялся на основе прикладного исследования, в рамках которого с помощью метода наименьших квадратов строилась и оценивалась регрессионная зависимость количества опубликованных патентных документов на изобретения и полезные модели в отношении подклассов G05B, G06F, G06Q, в зависимости от года, включенного в ретроспективу поиска, при этом глубина поиска составила 10 лет.

В исследовании патентного ландшафта в качестве независимой переменной X выступал временной интервал публикации патентных документов, характеризующийся годом публикации (диапазон составил 10 лет с 2014 по 2023 г., 2024 год не отражен в исследовании ввиду отсутствия полноты принятых патентных заявок в базе на момент проведения исследования), а в качестве функции отклика Y выступало количество зарегистрированных и выданных в упомянутом диапазоне патентных документов по исследованным ранее ключевым словам и рубрикам Международной патентной классификации (далее – МПК). Полученная с помощью поисковых запросов выборка, составившая $n = 10$ объектов, представлена на рис. 3.

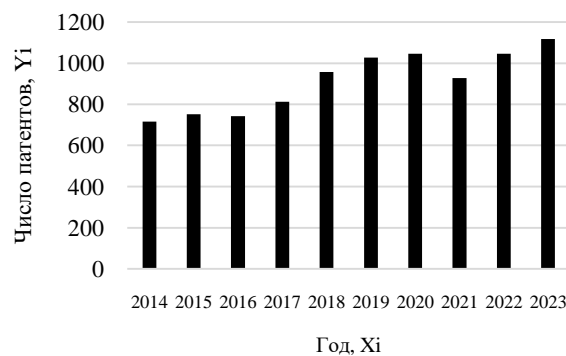


Рис. 3. Число патентов с ключевыми словосочетаниям «takt time», «production lead time», «cycle time», «line balancing»

Fig. 3. Number of patents with key phrases «takt time», «production lead time», «cycle time», «line balancing»

Первоначально необходимо вычислить базовые выборочные статистики, такие как выборочные средние \bar{X} , \bar{Y} , дисперсии s_X^2 , s_Y^2 и среднеквадратические отклонения s_X , s_Y .

Затем строилась парная регрессионная модель с помощью метода наименьших квадратов [12]. Для этого были вычислены значения регрессионных коэффициентов b и a линейного уравнения регрессии $y = a \cdot x + b$ из системы уравнений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n X_i = b \cdot n + a \cdot \sum_{i=1}^n X_i, \\ \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot X_i) = b \cdot \sum_{i=1}^n X_i + a \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2. \end{cases}$$

Решение системы было получено с помощью определителей 2 порядка:

$$b = \frac{\Delta b}{\Delta},$$

$$a = \frac{\Delta a}{\Delta},$$

где определители были получены с использованием формул Крамера:

$$\Delta = n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n X_i,$$

$$\Delta b = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot X_i) \cdot \sum_{i=1}^n X_i,$$

$$\Delta a = n \cdot \sum_{i=1}^n (Y_i \cdot X_i) - \sum_{i=1}^n Y_i \cdot \sum_{i=1}^n X_i.$$

В итоге было получено следующее уравнение линейной регрессионной зависимости:

$$y = -10887,68 + 5,41 \cdot x. \quad (1)$$

Оценка тесноты связи между функцией отклика Y и независимой переменной X была выполнена с помощью сравнения теоретического корреляционного отношения, вычисленного по (2)–(4), и коэффициента корреляции Пирсона, вычисленного согласно (5), показывающего еще и направление связи [13].

$$\eta = \sqrt{\frac{\delta^2}{\sigma^2}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}, \quad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}, \quad (3)$$

$$\delta^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}, \quad (4)$$

$$r = a \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y}. \quad (5)$$

σ^2 – дисперсия, отображающая совокупное влияние всех факторов на вариацию результативного признака Y , δ^2 – дисперсия, отображающая вариацию результативного признака Y под воздействием фактора X .

Итого, получаем $\eta \approx 0,92$, $r \approx 0,92$.

Во-первых, $\eta \approx r$, что говорит о прямолинейности связи между переменными в уравне-

нии регрессии. Во-вторых, согласно шкале Чеддока для теоретического корреляционного отношения и оценки коэффициента корреляции, можно утверждать, что связь между рассматриваемыми переменными весьма тесная и прямая ввиду положительности коэффициента корреляции [14].

На основе данного факта можно сделать вывод о линейной положительной динамике активности в области разработки новых устройств, методов и программ, касающихся уменьшения времени цикла, времени производственного цикла, времени такта и соответствия производства спросу благодаря балансировки производственных линий.

Полученные значения теоретического корреляционного отношения и коэффициента корреляции вместе с другими необходимыми статистическими параметрами приведены в табл. 2. Учитывая хорошую аппроксимацию линейной зависимостью данных выборки, было принято решение об отсутствии необходимости построения других видов парных регрессионных зависимостей.

Таблица 2. Статистические параметры выборки и линии регрессии

Table 2. Statistical parameters of the sample and regression line

Параметр	Значение
\bar{x}	2018,5
\bar{y}	914,2
s_x^2	9,17
s_y^2	21890,18
s_x	3,03
s_y	147,95
b	-89367,8
a	44,73
η	0,92
r	0,92

Помимо функции регрессии, на графике уместно было бы изобразить ее доверительную область, содержащую N процентов экспериментальных точек, позволяющую графически оценить тесноту корреляционной связи. Пусть $N = 99\%$.

Для построения доверительной области была вычислена остаточная дисперсия, характеризующая рассеяние экспериментальных точек вокруг линии регрессии:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - Y_i)^2}{n - 2},$$

где s^2 – остаточная дисперсия; Y_i – значение i -й экспериментальной точки; y_i – i -я вычисленная ордината точки линии регрессии (1) [15].

Далее определялись оценки дисперсий s_a^2 , s_b^2 , $s_{y_i}^2$, которые представлены в табл. 3 параметров уравнения линии регрессии a и b , а также значений функции регрессии y_i :

$$s_b^2 = \frac{s^2}{n},$$

$$s_a^2 = \frac{s^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

$$s_{y_i}^2 = s_b^2 + s_a^2 \cdot (x_i - \bar{x})^2.$$

Таблица 3. Дисперсии слагаемых функции регрессии

Table 3. Dispersions of the regression function components

Дисперсия	Значение
s^2	3996
s_a^2	399,6
s_b^2	48,44

Ординаты точек верхней и нижней границ доверительной области были получены на основании следующего неравенства:

$$y_i - t_{\alpha,k} \cdot s_{y_i} < \lambda < y_i + t_{\alpha,k} \cdot s_{y_i},$$

где y_i – ордината точки, вычисленная на основании полученного уравнения регрессии, $t_{\alpha,k}$ – значение квантиля распределения Стьюдента при уровне значимости $\alpha = 0,01$ и числе степеней свободы $k = n - 2$ было принято равным $t_{\alpha,k} = 3,36$ [16].

Как видно из графика, который изображен на рис. 4, большинство точек выборочной совокупности оказались внутри 99%-й доверительной области, что дополнительно свидетельствует о высокой корреляционной связи между величиной отклика Y и независимой переменной X .

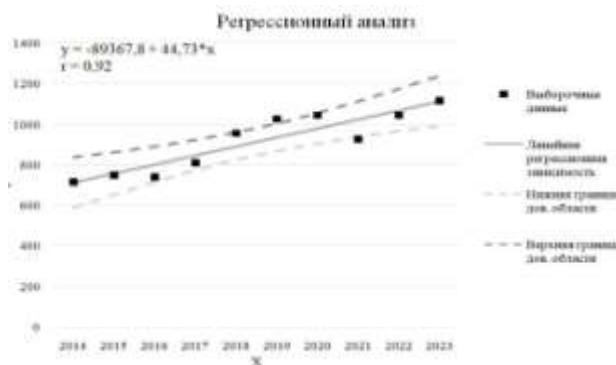


Рис. 4. График патентного ландшафта

Fig. 4. Patent landscape graph

Выводы

В результате осуществленного поиска и анализа ключевых терминов в области информационно-управляющих систем, предназначенных для планирования поточных производств, было установлено, что в ГОСТах по бережливому производству трактовки основных терминов представлены отличным от других источников образом, а некоторые и вовсе не отражают основную суть термина. Для проведения патентного анализа были использованы именно англоязычные ключевые слова и словосочетания, отражающие основные особенности поточных производств.

Как показал предметный поиск патентных документов, относящихся к выбранным тематическим рубрикам международного патентного классификатора и ключевым словам поиска, можно найти большое количество научно-технических документов, раскрывающих устройства, методы и программы, относящиеся к расчету ВТ и балансировке поточной линии, что способствует своевременному производству продукции и точному соответствию спроса. В настоящей работе приведен анализ наиболее значимых из них с учетом предположительных положительных эффектов от их использования в условиях производственных систем.

Однако подавляющее большинство патентных документов, связанных с темами поиска, было найдено в иностранных базах данных, что говорит о необходимости увеличения патентной активности в РФ в области бережливого производства и инновационных методик повышения эффективности труда.

Анализ тренда патентной активности за последние 10 лет показал, что количество опубликованных патентных документов стабильно растет, при этом тренд довольно точно описывается парной линейной регрессионной зависимостью с коэффициентом корреляции, составляющим $r = 0,92$.

Библиографические ссылки

1. Демидов А. Ю. Поточное производство - основная форма организации производственного процесса на современном предприятии // Современная экономика: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XXVI Международной научно-практической конференции, Пенза, 25 марта 2019 года. Пенза: Наука и просвещение (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. С. 120–123.
2. Евдокимова Е. Н., Федоськина Л. А. Организация производственных процессов на промышленном предприятии : учеб. пособие. – Рязань : ИП Коняхин А.В. (Book-Jet), 2023. 156 с. ISBN 978-5-907568-87-7. EDN UDGVYR.
3. Духович Д. А., Пацкевич Л. П. Повышение эффективности поточного производства на предприятиях почтовой связи // Новые информационные технологии в телекоммуникациях и почтовой связи. 2021. № 1. С. 108–110.
4. Tommelein I. D. and Emdanat S. Takt Planning: An Enabler for Lean Construction // Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), 2022, pp.866-877. DOI: 10.24928/2022/0198.
5. Gebeyehu S. G., Abebe M. and Gochel A. Production lead time improvement through lean manufacturing//Cogent Engineering, 2022, Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311916.2022.2034255.
6. Kozlovská M. and Kempcová D. Impact of Takt-Time Planning on Plastering Work Productivity: A Case Study // Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering, 2023, Sciendo, Vol. 18, No. 1. DOI: 10.2478/sspjce-2023-0002.
7. Pogowonto A. and Amrina U. Reduction of Cycle Time in Vehicle Engine Assembly Line Using Karakuri Kaizen // International Journal of Engineering Research and Advanced Technology, 2020, vol. 6, no. 10, pp. 49-57. DOI: 10.31695/IJERAT.2020.3657.
8. Скорнякова Е. А., Троценков И. С. Перспективы и направления развития стандартизации бережливого производства // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2024. № 6 (81). С. 157–164.
9. Данилова А. А., Домбрачев А. Н. О результатах исследования патентного ландшафта в отношении способов и устройств для анализа и оптимизации технологических процессов // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 4. С. 53–59. DOI 10.22213/2410-9304-2023-4-53-59.
10. Singhtan C. and Pipattanapoosin V. Applying Line Balancing to Improve Production Line Efficiency: A Case Study of an Automotive Company // Proceedings of the 2023 13th International Conference on Information Communication and Management (ICIM '23), 2024, pp. 21–25. DOI: 10.1145/3640429.3640438.
11. Okayana A. Evaluation on Production Flow Using Line Balancing Method to Increase the Production Capacity of Spun Pile at PT. Adhi Persada Beton Plant Mojokerto - East Java // 13th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2023. DOI: 10.46254/AN13.20230656.
12. Статистика : учебник для вузов / И. И. Елисеева [и др.]; отв. ред. И. И. Елисеева. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт, 2024. 619 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-15117-6. URL: <https://urait.ru/>
13. bcode/541950 (дата обращения: 18.01.2025).
14. Шаныгин С. И. Корреляционный и регрессионный анализ : учебник для вузов. Москва : Юрайт, 2024. 70 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-18393-1. URL: <https://urait.ru/bcode/534917> (дата обращения: 18.01.2025).
15. Дудин М. Н., Лясников Н. В., Лезина М. Л. Статистика: учебник и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2023. 338 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-18068-8. URL: <https://urait.ru/bcode/534226> (дата обращения: 19.01.2025).
16. Кремер Н. Ш. Математическая статистика: учебник и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2025. 259 с. (Высшее образование). ISBN 978-5-534-01654-3. URL: <https://urait.ru/bcode/561039> (дата обращения: 19.01.2025).

References

1. Demidov A.Yu. *Potochnoe proizvodstvo - osnovnaya forma organizatsii proizvodstvennogo protsesssa na sovremennom predpriyatii* [Flow production is the main form of organization of the production process at a modern enterprise]. *Sovremennaya ekonomika: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii: Sbornik statei XXVI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Penza, 25 marta 2019 goda* [Proc. Modern Economy: Current Issues, Achievements and Innovations: Collection of Articles from the XXVI International Scientific and Practical Conference]. Penza: Nauka i Prosveshchenie (IP Gulyaev G.Yu.), 2019, pp. 120-123. (in Russ.).
2. *Organizatsiya proizvodstvennykh protsessov na promyshlennom predpriyatii* [Organization of production processes in an industrial enterprise], Ryazan': IP Konyakhin A.V. (Book-Jet), 2023, pp. 84-130 (in Russ.).
3. Dukhovich D.A., Patskevich L.P. *Povyshenie effektivnosti potochnogo proizvodstva na predpriyatiyakh pochtovoi svyazi* [Improving the efficiency of flow production at postal enterprises]. *Novye informatsionnye tekhnologii v telekommunikatsiyakh i pochtovoi svyazi*, 2021, no. 1, pp. 108-110 (in Russ.).
4. Tommelein I.D. and Emdanat S. Takt Planning: An Enabler for Lean Construction, *Proc. 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 2022, pp. 866-877. DOI: 10.24928/2022/0198.
5. Gebeyehu, S. G., Abebe, M. and Gochel, A. Production lead time improvement through lean manufacturing, *Cogent Engineering*, 2022, Vol. 9, No. 1. DOI: 10.1080/23311916.2022.2034255.
6. Kozlovská, M. and Kempcová, D. Impact of Takt-Time Planning on Plastering Work Productivity: A Case Study, *Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering*, 2023, Sciendo, Vol. 18, No. 1. DOI: 10.2478/sspjce-2023-0002.
7. Pogowonto, A. and Amrina, U. Reduction of Cycle Time in Vehicle Engine Assembly Line Using Karakuri Kaizen, *International Journal of Engineering Research*

and *Advanced Technology*, 2020, Vol. 6, No. 10, pp. 49-57. DOI: 10.31695/IJERAT.2020.3657.

8. Skornyakova, E. A. and Troshchenkov, I. S. [Prospects and directions of development of lean manufacturing standardization]. *Informatsionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*, 2024, vol. 81, no. 6, pp. 157-164 (in Russ.).

9. Danilova A.A. and Dombrachev A.N. [On the results of the study of the patent landscape in relation to methods and devices for the analysis and optimization of technological processes]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*, 2023, vol 21, no. 4, pp. 53-59 (in Russ.). DOI 10.22213/2410-9304-2023-4-53-59.

10. Singhtan C. and Pipattanapoosin V. Applying Line Balancing to Improve Production Line Efficiency: A Case Study of an Automotive Company, *Proceedings of the 2023 13th International Conference on Information Communication and Management (ICICM '23)*, 2024, pp. 21–25. DOI: 10.1145/3640429.3640438.

11. Okayana A. Evaluation on Production Flow Using Line Balancing Method to Increase the Production Capacity of Spun Pile at PT. Adhi Persada Beton Plant Mojokerto - East Java, *13th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2023. DOI: 10.46254/AN13.20230656.

12. Eliseeva I.I. *Statistika: uchebnik dlya vuzov* [Statistics: textbook for universities]. Moscow: Yurait, 2024, 619 p. (in Russ.). ISBN 978-5-534-15117-6. Available at: <https://urait.ru/bcode/541950> (accessed 18.01.2025).

13. Shanygin S.I. *Korrelyatsionnyi i regressionnyi analiz: uchebnik dlya vuzov* [Correlation and regression analysis: textbook for universities]. Moscow: Yurait, 2024, 70 p. (in Russ.). ISBN 978-5-534-18393-1. Available at: <https://urait.ru/bcode/534917> (accessed 18.01.2025).

14. Dudin M.N., Lysanikov N.V., Lezina M.L. *Statistika: uchebnik i praktikum dlya vuzov* [Statistics: textbook and practice for universities]. Moscow: Yurait, 2023, 338 p. (in Russ.). ISBN 978-5-534-18068-8. Available at: <https://urait.ru/bcode/534226> (accessed 19.01.2025).

15. Kremer N.Sh. *Matematicheskaya statistika: uchebnik i praktikum dlya vuzov* [Mathematical Statistics: textbook and practice for universities]. Moscow: Yurait, 2025, 259 p. (in Russ.). ISBN 978-5-534-01654-3. Available at: <https://urait.ru/bcode/561039> (accessed 19.01.2025).

* * *

Results of Patent Research on Devices, Methods, and Software Products for Flow Production Process Planning

I. S. Troshchenkov, Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia
E. A. Skornyakova, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, Baltic State Technical University “VOENMEH” named after D.F. Ustinov, St. Petersburg, Russia

Taking into account the current realities of the market, a large number of Russian companies in such industries as machine tool building, heavy engineering, textile production, electronics, and medical manufacturing are concerned with ensuring their competitiveness and increasing labor efficiency through the implementation of various tools, one of which is the adoption of the lean manufacturing concept. At present, this concept is widely represented and described both in foreign sources and in domestic standardization documents. The most effective form of production that applies this concept is flow production, since it embodies the principles of specialization, straight-through processing, parallelism, continuity, proportionality, and rhythm, and is characterized by a number of fundamental parameters, namely takt time, production cycle time, and cycle time. However, when analyzing various foreign and domestic sources, discrepancies in the interpretation of these parameters are revealed, leading to their incorrect use and application in specific production environments. This article points out such issues in the analysis of terminology. The paper also reflects the patent situation in the field of devices, methods, and software products related to the parameters mentioned above, including an additional patent search by the keyword “line balancing,” due to the significant impact of this method on production process planning in accordance with takt time, which in turn depends on product demand. In this way, one can assess the real interest of domestic enterprises in the introduction and development of lean manufacturing tools and methods aimed at increasing labor efficiency in the context of flow process planning.

Keywords: flow production, takt time, production cycle time, cycle time, line balancing, process, operation, patent search.

Получено: 09.04.25

Образец цитирования

Трошченков И. С., Скорнякова Е. А. Результаты патентного исследования в отношении устройств, методов и программных продуктов для планирования процессов поточных производств // Интеллектуальные системы в производстве. 2025. Т. 23, № 3. С. 24–32. DOI: 10.22213/2410-9304-2025-2-24-32.

For Citation

Troshchenkov I. S., Skornyakova E. A. [Results of patent research on devices, methods, and software products for flow production process planning]. *Intellektual'nye sistemy v proizvodstve*. 2025, vol. 23, no. 3, pp. 24-32 (in Russ.). DOI: 10.22213/2410-9304-2025-3-24-32.