

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Администрация Правительства Кузбасса

Научно-образовательный центр мирового уровня «Кузбасс»

Сибирский государственный индустриальный университет

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2022»**

*Труды
XXIII Международной научно-практической конференции
23– 25 ноября 2022 г.*

Часть 1

**Новокузнецк
2022**

Библиографический список

1. Юрьев А.А., Кузнецов Р.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Шлярова Ю.А. Длинномерные рельсы: структура и свойства после сверхдлительной эксплуатации: Монография. – Новокузнецк: Полиграфист, 2022. – 311 с.
2. Кузнецов Р.В., Громов В.Е., Иванов Ю.Ф., Рубанникова Ю.А., Кормышев В.Е., Юрьев А.А., Попова Н.А. Структурно-фазовое состояние и упрочнение рельсов после экстремально длительной эксплуатации // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2021. Т. 18. № 3. С. 328–337.
3. Кузнецов Р.В., Перегудов О.А., Шляров В.В. Перераспределение атомов углерода в рельсах при сверхдлительной эксплуатации // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2022. Т.65. № 2. С. 134–136.
4. Иванов Ю.Ф., Громов В.Е., Кузнецов Р.В., Шлярова Ю.А., Юрьев А.А., Кормышев В.Е. Структура рельсов после экстремально длительной эксплуатации // Известия высших учебных заведений. Физика. 2022. № 3. С. 160–165.

УДК 658.511:621.771

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРТИИ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ

Мусатова А.И., Кулаков С.М., Фастыковский А.Р.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
Новокузнецк, Россия*

Аннотация: Для рационального планирования и прогнозирования сроков производства необходимо нормирование продолжительности циклов выпуска продукции. Длительность изготовления партий продукции – основа построения оперативных планов-графиков. Рассматривается задача многовариантного оценивания длительности изготовления партий прокатной продукции с учетом изменяющихся производственных ситуаций. Ситуационное обоснование нормативной длительности производственных циклов на основе разработанной процедуры позволяет руководству цеха выбрать рациональные ситуации и режимы работы оборудования при планировании, прогнозировании и оперативном управлении для эффективной реализации заказов «точно в срок».

Ключевые слова: длительность изготовления партий продукции, такты работы оборудования, ситуационные модели, подсистемы, системы.

SYNTHESIS OF A COMPLEX NORMATIVE MODEL OF THE DURATION OF MANUFACTURING A BATCH OF ROLLED PRODUCTS

Musatova A.I., Kulakov S.M., Fastykovsky A.R.

***Abstract.** For rational planning and forecasting of production terms, it is necessary to normalize the duration of production cycles. The duration of manufacturing batches of products is the basis for constructing operational schedules. The problem of multivariate estimation of the duration of manufacturing batches of rolled products is considered, taking into account changing production situations. The situational substantiation of the standard duration of production cycles based on the developed procedure allows the shop management to choose rational situations and modes of operation of the equipment when planning, forecasting and operational management for the effective implementation of orders "just in time".*

***Keywords:** the duration of manufacturing batches of products, cycles of equipment operation, situational models, subsystems, systems.*

Для эффективного управления производственными процессами в цехах металлургических предприятий необходимы научно-обоснованные нормативы длительности производственных операций, процессов и циклов [1-2]. Задачи по разработке таких нормативов решаются не в полном объеме, что в значительной степени связано с недостаточностью методического и математического обеспечения соответствующих информационно-управляющих систем [3]. Особенно остро это ощущается в прокатных цехах, которые являются заключительным этапом металлургического цикла предприятия, где завершается производственный процесс выпуска готовой продукции (проката), что и определяет их важное место в производственной структуре предприятия.

Длительности производственных циклов по своему назначению и области применения предлагается классифицировать для прокатных цехов следующим образом: штучные, которые соответствуют заготовке, пачке заготовок (или штанг), пакету готовой продукции; партионные, соответствующие партии отгрузки продукции (партии заказа); подсистемные и системные (относящиеся к участкам, отделениям и цеху в целом); технически возможные, нормативные, плановые, прогнозные, фактические. Важным фактором, влияющим на длительность производственных циклов являются ситуации, которые различаются количеством работающего оборудования, технологическими режимами и маршрутами материальных потоков. В связи с этим далее применяется термин «ситуационные длительности производственных циклов».

Целью исследования является создание методики ситуационного оценивания длительности производственных циклов изготовления партий готовой продукции, построение их формульных моделей для прокатного производства.

Процедура оценивания ситуационных моделей длительности производственных циклов основана на проведенных исследованиях в прокатных цехах, где выявлены следующие характерные особенности прокатного производства: широкий сортамент продукции; непостоянство структуры производственного процесса; значительная трудоемкость производства отдельных

профилей; высокие скорости и температуры протекания процессов, обуславливающие важность фактора времени; необходимость синхронизации выполнения всех производственных операций; небольшая продолжительность циклов процессов и связанная с этим высокая частота их повторяемости; возможность достижения значительных перекрытий циклов прокатки и на основе этого повышение производительности прокатных станов.

Методика определения длительности производственного цикла разработана на примере сортопрокатного цеха, в состав которого входят склад заготовок, технологическая линия, включающая шесть участков, и склад готовой продукции (рисунок 1).

Исследование функционирования прокатного цеха проводилось в следующем порядке: изучение технологии производства, технических параметров основного и вспомогательного оборудования; анализ технико-экономических показателей; проведение хронометражных и мониторинговых наблюдений за движением металла, работой отдельных агрегатов; декомпозиция производственного процесса на операции, элементы и микроэлементы; изучение влияния человеческого фактора при организации и оперативном управлении производственными процессами; проведение экспертных оценок реальных и возможных производственных ситуаций, возникающих при выполнении заказов (заданий) на продукцию.

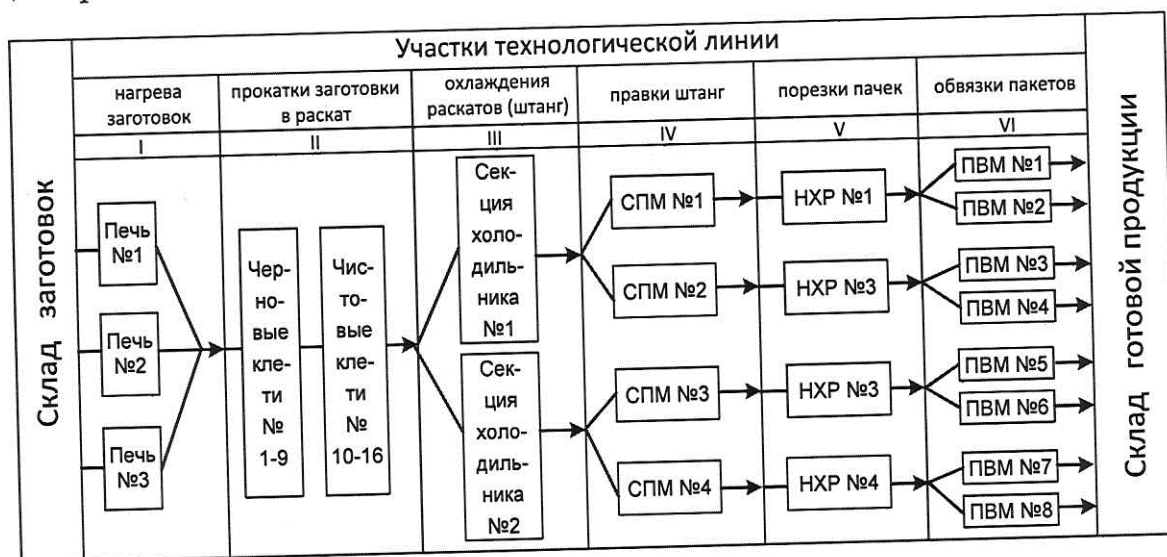


Рисунок 1 - Схема материальных потоков сортопрокатного цеха

Предлагаемая комплексная ситуационная модель длительности производственного цикла изготовления партии готового проката (партии отгрузки) в сортопрокатном цехе (системе) определяется на основе предварительной разработки ситуационных партионных моделей длительности производственных циклов подразделений (подсистем) цеха и последующего выбора такой модели, которая соответствует максимальным затратам времени.

$$D_{\text{ц}}^{\beta 4}(i, \text{sit}) = \max\{D_{\text{сз}}^{\beta 4}(i_0, \text{sit}); D_{\text{мн}}^{\beta 4}(i, \text{sit}); D_{\text{сзн}}^{\beta 4}(i, \text{sit})\}, \quad (1)$$

где $D_{сз}^{\beta 4}(i_0, sit)$, $D_{сзн}^{\beta 4}(i, sit)$ – ситуационная длительность производственных циклов на складах заготовок и готовой продукции;

$D_{mn}^{\beta 4}(i, sit)$ – ситуационная длительность производственного цикла технологической линии;

sit – ситуация в системе;

i, i_0 – профилиразмер готового проката и заготовки соответственно.

В моделях приняты следующие обозначения индексов партий проката: $\beta 4$ – партия отгрузки готового проката (партия заказа); $\beta 3$ – пакет готового проката на выходе технологической линии; $\beta 2$ – пачка штанг, состоящая из нескольких раскатов, поступающих на ножницы холодной резки; $\beta 1$ – пачка заготовок, транспортируемых от склада до нагревательных печей.

При определении длительности производственного цикла важно правильно выбрать единицу продукции, а также границы (фиксажные точки) начала и окончания производственного цикла. Для технологической линии за единицу продукции штучного цикла принят пакет проката ($\beta 3$), при этом началом в данной ситуации является момент загрузки заготовки в нагревательную печь, окончанием – момент завершения операции обвязки пакета готового проката. Для склада заготовок за единицу продукции штучного цикла принята пачка заготовок ($\beta 1$), где началом производственного цикла является момент захвата краном пачки холодных заготовок со стеллажа (или момент поступления горячих заготовок на рольганг от ножниц непрерывно-заготовочного стана обжимного цеха), окончанием цикла – момент поступления заготовок к нагревательной печи. Для склада готовой продукции за единицу штучного цикла принят пакет готового проката ($\beta 3$); началом цикла является момент захвата краном пакета готового проката, окончанием – момент укладки пакета на стеллаж.

Ситуационная математическая модель длительности производственного цикла склада заготовок имеет следующую структуру:

$$D_{сз}^{\beta 4}(i_0, sit) = D_{сз}^{\beta 1}(i_0, \psi_{1,2}) + T_c^{\beta 3}(i, sit)[N_{\beta 4}^*(i) - 1];$$

$$D_{сз}^{\beta 1}(i_0, \psi_{1,2}) = \begin{cases} t_{mp1}(\psi_1); \\ t_{mp2}(\psi_2), \end{cases} \quad (2)$$

где $D_{сз}^{\beta 1}(i_0, \psi_{1,2})$ – длительность штучного производственного цикла склада заготовок;

t_{mp1}, t_{mp2} – суммарная длительность подачи транспортными средствами (краном, рольгангом, транспортером, шлеппером) пачки заготовок от склада до нагревательной печи при режимах подачи заготовок горячих (ψ_1) или холодных (ψ_2);

$T_c^{\beta 3}(i, sit)$ – ситуационный такт работы производственной системы

(цеха) для пакета готового проката.

Ситуационная математическая модель длительности производственного цикла технологической линии, состоящей из шести жесткосвязанных участков нагрева, прокатки, охлаждения, правки, порезки, пакетировки (рисунки 1), определяется формулой:

$$D_{ml}^{\beta 4}(i, sit) = D_{ml}^{\beta 3}(i) + T_c^{\beta 3}(i, sit)[N_{\beta 4}^*(i) - 1]. \quad (3)$$

где $D_{ml}^{\beta 3}(i)$ – длительность штучного производственного цикла технологической линии при изготовлении одного пакета готового проката;

$N_{\beta 4}^*$ – количество пакетов в партии готового проката.

Общая формульная модель $D_{ml}^{\beta 3}(i)$ включает несколько компонентов, которые имеют свою аддитивную внутреннюю структуру:

$$D_{ml}^{\beta 3}(i) = \sum_{a=1}^A t_{mo}(i, a) + \sum_{r=1}^R t_{mp}(i, r) + \sum_{\gamma=1}^{\Gamma} t_{\kappa}(i, \gamma), \quad (4)$$

где $t_{\dot{o}i}(i, a)$, $t_{\dot{o}d}(i, r)$, $t_{\dot{e}}(i, \gamma)$ – длительность операций: технологических, транспортных, контрольных;

a, r, γ – номера операций.

Первая составляющая формулы (4) содержит следующие элементы:

$$\sum_{a=1}^{A=6} t_{mo}(i, a, \psi_{1-4}) = t_{o1}(i, \psi_{1,2}) + t_{o2}(i) + t_{o3}(i, \psi_{3,4}) + t_{o4}(i) + t_{o5}(i) + t_{o6}(i); \quad (5)$$

$$t_{o1}(i, \psi_{1,2}) = \begin{cases} t_{o1}(\psi_1); \\ t_{o1}(\psi_2); \end{cases} \quad t_{o3}(i, \psi_{3,4}) = \begin{cases} t_{o3}(\psi_3); \\ t_{o3}(\psi_4); \end{cases}$$

где $t_{o1}(i, \psi_{1,2})$ – технологическое время нагрева заготовки в методической печи; горячий режим (ψ_1) или холодный (ψ_2);

$t_{o3}(i, \psi_{3,4})$ – технологическое время охлаждения раската на секции холодильника для разных способов укладки штанг (ψ_3) или (ψ_4);

$t_{o2}(i)$, $t_{o4}(i)$, $t_{o5}(i)$, $t_{o6}(i)$ – технологическое время прокатки, правки, порезки, пакетировки соответственно.

Ситуационная математическая модель длительности производственного цикла склада готовой продукции определяется следующим выражением:

$$D_{cgn}^{\beta 4}(i, sit) = D_{kpl}^{\beta 3}(i) + T_c^{\beta 3}(i, sit)[N_{\beta 4}^*(i) - 1] + t_{\phi}^{\beta 4}(i) + t_{kp2}^{\beta 3}(i) \cdot N_{\beta 4}^*, \quad (6)$$

где $D_{kpl}^{\beta 3}(i)$ – длительность штучного производственного цикла (время

подачи пакета готового проката краном от пакетовязальной машины настеллажа склада);

$t_{\phi}^{\beta 4}(i)$ – длительность формирования партии отгрузки (время размещения пакетов партии на площадке, финишного контроля проката, оформления документов для отгрузки);

$t_{кр2}^{\beta 3}(i)$ – длительность погрузки одного пакета готового проката краном в вагон.

Анализ организации функционирования прокатного цеха выявил, что ведущим подразделением является технологическая линия (рисунок 1), где выполняются основные производственные процессы на участках жесткосвязанных между собой (технологически и организационно) единым материальным потоком, от которого в первую очередь зависит результативность работы всей системы. Далее рассматривается процедура детализации моделей длительности штучных (вариантных) производственных циклов технологической линии, а затем модели длительности штучных циклов на складах подготовки заготовок к нагреву и подачи пакета готового проката на стеллаж.

Таким образом, модель длительности штучного производственного цикла сортопрокатного цеха имеет вид:

$$D_{\psi}^{um}(i) = D_{сз}^{\beta 1}(i, \psi_{1,2}) + D_{ml}^{\beta 3}(i, \psi_{1-4}) + D_{кр1}^{\beta 3}(i); \quad (7)$$

Ситуационные длительности производственных циклов изготовления партии готовой продукции в значительной степени зависят от ситуационных тактов работы системы. Предлагаемая методика построения модели ситуационных тактов работы прокатного цеха включает следующие этапы [4]:

- разработка графических моделей с указанием длительности операций, циклов работы оборудования, перекрытия смежных циклов и оценивания тактов;
- определение тактов работы участков с учетом видов и количества используемого оборудования, а также характеристик материальных потоков;
- оценивание ситуационных тактов работы каждой подсистемы на основе тактов участков и возможных сочетаний ситуаций, определяемых количеством параллельно работающего оборудования;
- выбор единых (для каждой ситуации) тактов работы системы по критерию максимальных затрат времени на множестве каскадно соединенных подсистем.

Модель ситуационного такта работы производственной системы (среднесортного цеха) выбирается из ситуационных тактовых моделей соответствующих подсистем (подразделений):

$$T_c^{\beta 3}(i, sit) = \max\{T_{сз}^{\beta 3}(i, \psi_{1,2}, \mu), T_{ml}^{\beta 3}(i, \psi_{3,4}, \delta), T_{сзн}^{\beta 3}(i, \sigma)\}, \quad (8)$$

где $T_{сз}^{\beta 3}(i, \psi_{1,2}, \mu)$, $T_{ml}^{\beta 3}(i, \psi_{1,2}, \delta)$, $T_{сзн}^{\beta 3}(i, \sigma)$ – ситуационные такты работы по систем (склада заготовок, технологической линии, склада готового проката), которые приведены к эквивалентному виду, то есть к

одной единице готового проката – пакету (β_3);
 μ , δ , σ – обозначения ситуаций в подсистемах, определяемые количеством действующего оборудования.

Ситуационная тактовая модель работы склада готовой продукции:

$$T_{cgn}^{\beta_3}(i) = t_{кр}^{\beta_3}(i); T_{cgn}^{\beta_3}(i, \sigma) = t_{cgn}^{\beta_3}(i) : Z_{cgn}^{кр}; \quad (9)$$

где $t_{кр}^{\beta_3}$ – такт (цикл) работы крана (подача одного пакета готового проката от вязальной машины на стеллаж и возврат крана к машине);

$Z_{cgn}^{кр}$ – количество параллельно работающих кранов в пролетах склада,
 $\sigma = Z_{cgn}^{кр}$.

Ситуационные тактовые модели работы технологической линии предлагается определять на основе тактовых моделей производственных участков в два этапа [5]:

1) определение ситуационных тактов каждого участка в зависимости от такта работы единицы оборудования (T_1^y) и количества параллельно функционирующего оборудования ($Z_{об}$):

$$T_{мл}^y(i, Z_{об}) = \frac{T_1^y(i)}{Z_{об}}; \quad (10)$$

2) выбор ситуационного такта работы технологической линии (подсистемы), с учетом ситуационных сочетаний количества используемого оборудования участков по критерию максимальных затрат времени.

Главным участком технологической линии является прокатный стан, где при последовательной обработке в клетях происходит формоизменение заготовки в готовый профиль. Остальные участки (нагрева, охлаждения, правки, порезки и пакетировки) считаются вспомогательными, которые предназначены для выполнения требуемых дополнительных операций и обеспечения бесперебойной работы стана.

Ситуационное моделирование работы технологической линии для выбора рациональных тактов ее функционирования, осуществляется посредством перебора возможного количества оборудования на участках.

Таким образом, сформированы ситуационные эквивалентные тактовые модели на пакет готовой продукции β_3 для склада заготовок; склада готовой продукции; технологической линии. Единый такт работы всей производственной системы (прокатного цеха) выбирается с учетом различных ситуаций функционирования цеха, определяемые количеством используемого технологического и кранового оборудования в каждой подсистеме и системе в целом, на основе предлагаемой формулы (8).

Пошаговая процедура оценивания ситуационной длительности производственных циклов изготовления партии готового проката каждого профиля-размера представлена в виде укрупненной схемы, включающей комплекс фор-

мультных моделей работы подсистем (склада заготовок, технологической линии, склада готовой продукции) и системы в целом (сортопрокатного цеха) (рисунки 2 и 3).

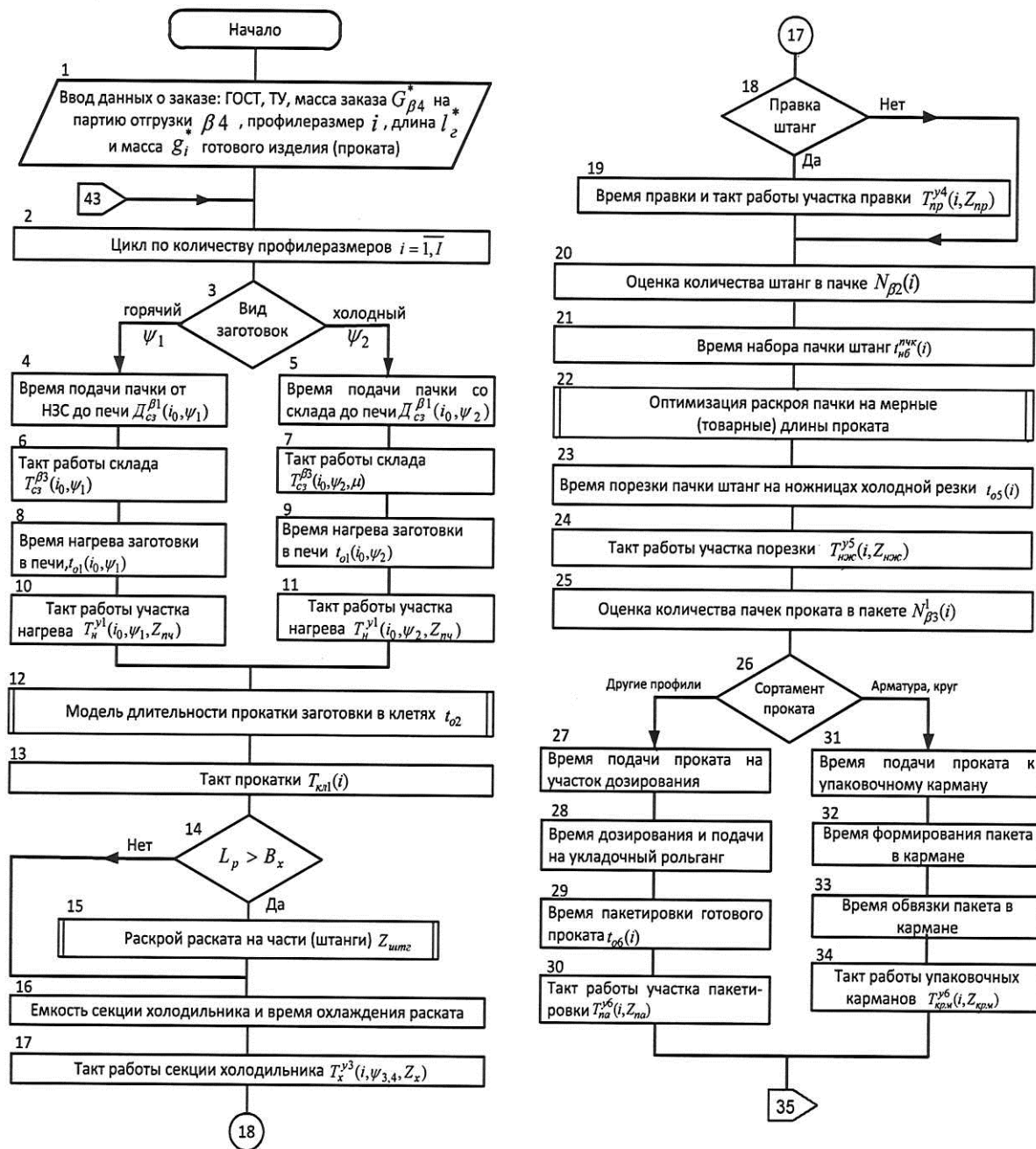


Рисунок 2 - Укрупненная процедура оценивания ситуационной длительности изготовления партии сортового проката

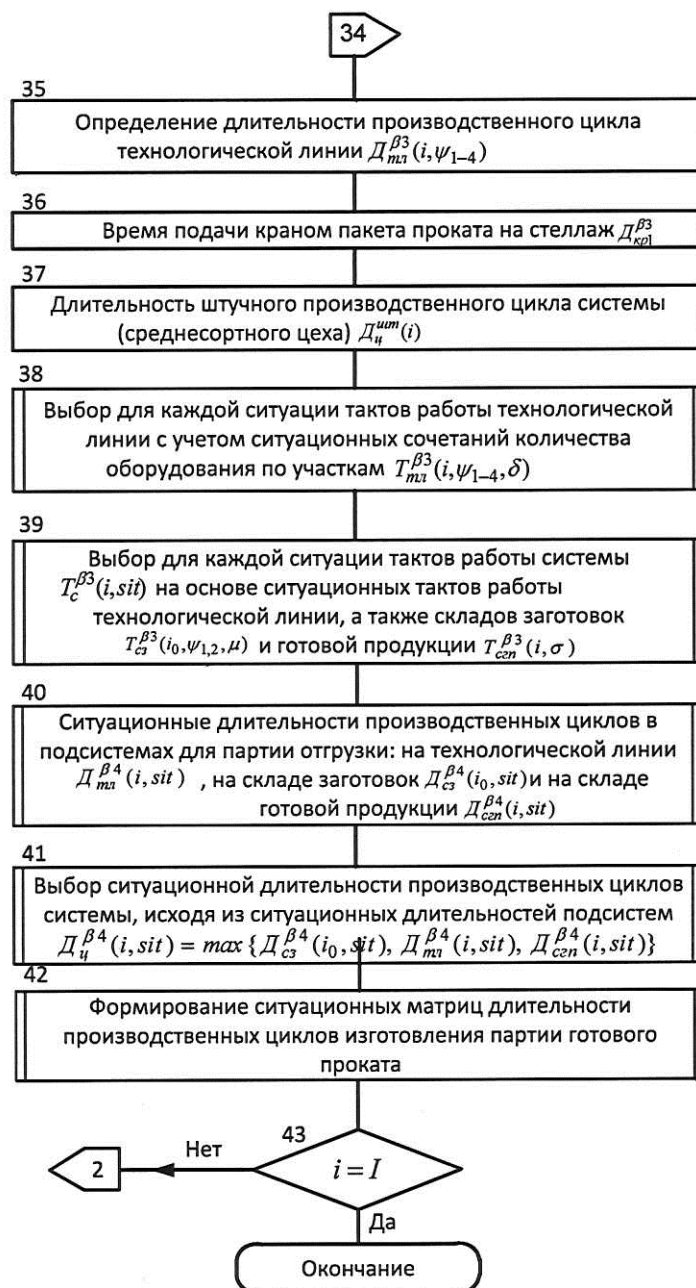


Рисунок 3 - Укрупненная процедура оценивания ситуационной длительности изготовления партии сортового проката

Общая структура процедуры включает главный контур, действия которого циклически повторяются для каждого профилеразмера проката. Контур состоит из двух разделов. Первый раздел содержит модули оценивания длительности технологических, транспортных и контрольных операций, тактов работы подсистем, штучной длительности производственного цикла каждой подсистемы и системы в целом. Второй раздел включает сложные локальные контуры, связанные с оцениванием ситуационных тактов работы подсистем и системы в целом, с определением ситуационной длительности функционирования каждой подсистемы и выбора из них максимальной длительности производственного цикла.

Процедура предусматривает создание интерфейсных матриц, включающих временные показатели (длительности технологических, транспортных, естественных, трудовых и контрольных операций; штучных, партионных тактов работы участков и подсистем), характеризующие длительность производственного цикла изготовления партии готового проката i -го профиля для каждой ситуации.

Разработанная нормативная база показателей функционирования сорто-прокатного цеха рекомендована для планирования и прогнозирования сроков выполнения заказов на партии прокатной продукции с учетом возможных производственных ситуаций, различающихся количеством используемого оборудования и вариантами технологических режимов на участках цеха.

Библиографический список

1. Крышень Е.В., Лаврусь О.Е. Моделирование производственных процессов // Известия Самарского научного центра РАН. 2012. №4-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-proizvodstvennyh-protsessov>.
2. Анисимова Э.С. Моделирование производственной поточной линии // Экономика и социум. 2015. № 3 (16). С. 29-34.
3. Благих И.А., Сальников Д.Ю. Управление производственным циклом предприятия (организации) // Проблемы современной экономики. 2010. № 4 (36). С.1-7.
4. Кулаков С.М., Мусатова А.И., Кадыков В.Н. Многовариантное оценивание длительности изготовления партий стальной проволоки на основе ситуационно-нормативных моделей. Сообщение 1 // Изв. вуз. Черная металлургия. 2019. Том. 62 № 6. С. 484-491.
5. Timing Models in the reengineering of metallurgical production systems / Kulakov S. M., Musatova A. I., Kadykov V. N., Baranov P.P. // Steel in translation. 2015. Vol. 45. No 5. P. 367-375.

УДК 669.295;544.022

ВЛИЯНИЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИТА Ti/TiB, ПОЛУЧЕННОГО МЕТОДОМ ИСКРОВОГО ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

Озеров М.С., Поголяева Е.А., Громашова Д.В., Волокитина Е.И.

*Белгородский государственный национальный
исследовательский университет,
г. Белгород, Россия, ozerov@bsu.edu.ru*

Аннотация. Беспористый металл-матричный композит Ti/TiB был получен методом искрового плазменного спекания при температуре 1000 °С. В исходном состоянии микроструктура ММК Ti/TiB состояла из нитевидных кристаллов TiB, неоднородно распределенных в матрице Ti. После горячей

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕПЦИИ МИКРОЛЕГИРОВАНИЯ НА НАСЛЕДСТВЕННУЮ СТРУКТУРУ В СТАЛИ 09Г2С <i>Солоницын А.Р.</i>	211
ПЕРЕРАБОТКА БЕМИТ-КАОЛИНИТОВЫХ БОКСИТОВ БИСУЛЬФАТОМ АММОНИЯ: ОСАЖДЕНИЕ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ ИЗ РАСТВОРА АЛЮМОАММОНИЙНЫХ КВАСЦОВ <i>Валеев Д.В.</i>	215
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ФАЗОВОГО СОСТАВА ВЫСОКОЭНТРОПИЙНЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ CoCrFeMnNi ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СОДЕРЖАНИЯ Fe И Mn <i>Панченко И.А., Гостевская А.Н., Коновалов С.В., Безродная Е.А., Бессонов Д.А.</i>	220
МЕТОДИКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ <i>Рыбенко И.А., Конголи Ф.</i>	225
СЕКЦИЯ 2: ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА	231
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАХВАТА ПОЛОСЫ ПРИ АСИММЕТРИЧНОЙ ЛИСТОВОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожеевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В., Кожеевникова И.А.</i>	231
ПОВЕРХНОСТНОЕ УПРОЧНЕНИЕ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ПОСЛЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ЛЕГИРОВАНИЯ <i>Осколкова Т.Н., Фастыковский А.Р.</i>	236
ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЕМ <i>Аксёнова К.В., Громов В.Е., Кибко Н.В., Вацук Е.С.</i>	242
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, СТРУКТУРУ И КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ В СРЕДЕ СЕРОВОДОРОДА ПРОКАТА ИЗ СТАЛИ 20 <i>Валюгин М.А., Мурсенков Е.С.</i>	248
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ АСИММЕТРИЧНОЙ ПРОКАТКИ <i>Платонов Ю.В.</i>	255
СПОСОБ РАСЧЕТА СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ «МЯГКОГО» ОБЖАТИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ УСАДКИ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ОСЕВОЙ РЫХЛОСТИ <i>Кабаков З.К., Габелая Д.И., Чув А.А.</i>	261
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРЕССИРОВКИ ШИРОКИХ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ ТРАВЛЕННЫХ ПОЛОС <i>Антонов П.В., Парфенов Н.С., Болобанова Н.Л., Тимофеева М.А.</i>	267
ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ТАКТОВОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ УНИВЕРСАЛЬНОГО РЕЛЬСОБАЛОЧНОГО СТАНА <i>Головатенко А.В., Фастыковский А.Р., Мусатова А.И.</i>	272
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СОРТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ПРОКАТКОЙ <i>Фастыковский А.Р., Осколкова Т.Н., Вахромеев В.А., Глухов М.И., Прудников А.Н.</i>	278
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ СОСТОЯНИЙ И ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ДЛИННОМЕРНЫХ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННО ЗАКАЛЕННЫХ РЕЛЬСОВ ПОСЛЕ ЭКСТРЕМАЛЬНО ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ <i>Кузнецов Р.В., Юрьев А.А., Шлярова Ю.А., Громов В.Е., Коновалов С.В., Иванов Ю.Ф.</i>	284
СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРТИИ ПРОКАТНОЙ ПРОДУКЦИИ <i>Мусатова А.И., Кулаков С.М., Фастыковский А.Р.</i>	289