

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Сибирский государственный индустриальный университет

*Посвящается 90-летию Сибирского
государственного индустриального университета*

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО
«Металлургия – 2019»**

23 – 24 октября 2019 г.

*Труды
XXI Международной научно-практической конференции
Часть 1*

**Новокузнецк
2019**

УДК 669(06)+658.012.056(06)
М 540

Редакционная коллегия
академик РАН Л.А. Смирнов, д.т.н., профессор Е.В. Протопопов,
д.т.н., профессор М.В. Темлянцев, д.т.н., профессор Г.В. Галевский,
д.т.н., профессор Н.А. Козырев, д.т.н., профессор А.Р. Фастыковский,
к.т.н., доцент С.Г. Коротков

М 540 Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной
научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 1 / под ред. Е.В. Протопопова;
Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2019. – 404 с. : ил.

ISSN 2542-1670

Труды конференции включают доклады по актуальным вопросам теории и
технологии производства, обработки и сварки металлов, энергоресурсосбережения,
рециклинга и экологии в металлургии.

ОРГАНИЗАТОРЫ И ПАРТНЕРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Администрация Кемеровской области
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
АО «Русал Новокузнецк»
АО «Кузнецкие ферросплавы»
ОАО «Черметинформация»
Издательство Сибирского отделения РАН
Журнал «Известия вузов. Черная металлургия»
Журнал «Вестник СибГИУ»
Журнал «IOP conference series: materials science and engineering»
АО «Кузбасский технопарк»
Западно – Сибирское отделение Российской Академии естественных наук
Совет молодых ученых Кузбасса

ISSN 2542-1670

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2019

Анализ колебаний полосы при прокатке сортамента 0,80-920 мм показывает, что в промежутке 3-4 полоса отреагировала на возникновение явления «*chatter*» и снижение скорости увеличением колебаний. Увеличение колебаний полосы на входе в клеть подтверждает гипотезу о неустойчивом захвате в очаге деформации.

Частота собственных колебаний полосы во время прокатки может совпадать или быть по своей величине близкой к значению частот собственных колебаний электромеханической системы 50 Гц и кратных ей частот (6,25; 12,5; 25; 50; 100 Гц) [8] и являться непосредственной причиной возникновения резонансных частот и возникновения акустического шума («гу-дения») совместно со звуковым эффектом от пробуксовки валков относительно полосы.

Аналитическое моделирование колебаний стальной полосы показало, что колебания полосы при прокатке происходят с одинаковой частотой 14-16 Гц вне зависимости от ее толщины и влияние данных колебаний на развитие вибрационных процессов может осуществляться только косвенно.

Библиографический список

1. I. Yarita, K. Furukawa, Y. Seino. An analysis of chattering in cold rolling of ultrathin gauge steel strip.(1978)Transactions ISIJ 19 (1) 1-10.
2. L. Chefneux, J.-P.Fischbach, J. Gouzou, Study and control of chatter in cold rolling.(1980) Iron and Steel Engineer 17-26.
3. Hardwick, B.R., A technique from the detection and measurement of chatter marks on rolls surfaces, Steel Technology, No. 4, April 2003, pp. 64-70.
4. Mohammad Reza Niroomand, Mohammad Reza Forouzan, Ali Heidari Experimental analysis of vibration and sound in order to investigate chatter phenomenon in cold strip rolling // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology(2019) 100: 673–682 <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2639-9>
5. Гарбер Э.А., Гончарский А.А., Петров С.В., Кузнецов В.В. Определение коэффициента трения при холодной прокатке с эмульсиями// Производство проката. – 2000. – № 12. – С. 2-3
6. Kozhevnikov A., Kozhevnikova I., Bolobanova N. Dynamic model of cold strip rolling // METALURGIJA. – 2018. – Vol. 57. No. 1–2. – P. 99–102.
7. Kozhevnikov A. V., Kozhevnikova I. A., Bolobanova N. L. Simulation of cold-rolling process in dynamic conditions // Metallurgist. – 2017. –Vol. 61. No. 7–8.– P. 519–522.
8. Кожевникова И.А., Маркушевский Н.А., Кожевников А.В., Сорокин Г.А. Моделирование и аналитическая диагностика вибраций в главных приводах станов холодной прокатки // Производство проката. – №7. – 2016. – С. 19-23

УДК 624.7.001.5

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА

Кадыков В.Н., Мусатова А.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия, musatova-ai@yandex.ru*

Аннотация. Проведены исследования организации технологических и трудовых процессов в действующем мелкосортном цехе с использованием тактовых моделей; выявлено «узкое место», лимитирующее работу поточной человеко-технической системы; предложена модернизация оборудования и показана возможность улучшения технико-экономических показателей (сокращение численности рабочих, повышение объема производства, производительности труда и др.).

Ключевые слова: производственные процессы, трудовые процессы, такты, моделирование, «узкое место», ручные операции, нормативы, модернизация, эффективность.

EFFECT OF TECHNOLOGICAL AND LABOR PROCESSES ON EFFICIENCY OF FUNCTIONING RENTAL COMPLEX

Kadykov V.N., Musatova A.I.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, musatova-ai@yandex.ru*

Abstract. Studies of the organization of technological and labor processes in the existing small-section shop using clock models were carried out; revealed a “bottleneck” limiting the work of a streaming man-technical system; equipment modernization was proposed and the possibility of improving technical and economic indicators (reduction in the number of workers, increase in production, labor productivity, etc.) was shown.

Key words: production processes, labor processes, measures, modeling, bottleneck, manual operations, standards, modernization, efficiency.

Производственный процесс на современном металлургическом предприятии представляет собой сложный производственный поток, начиная от поступления сырья, материалов, полуфабрикатов и заканчивая получением и отгрузкой готовой продукции. В этом потоке задействованы десятки сложнейших металлургических агрегатов, значительное количество рабочих, специалистов и управленческого персонала, каждый из которых в той или иной степени влияет на результаты всего производственного процесса. Однако результирующие количественные и качественные показатели этого сложного производственного потока решает не один агрегат или человек, а общая совокупность и оптимальная согласованность в действиях персонала, работе агрегатов и организации материальных потоков.

С целью выработки рациональных организационных и управленческих решений, а также выявления резервов производства и подготовки аналитической базы необходимо декомпозировать технологические и трудовые процессы на составные части (элементы и микроэлементы), проанализировать их, регламентировать режимы функционирования агрегатов, установить рациональное количество рабочих мест и разработать согласованные сквозные графики организации производственных процессов по технологическим маршрутам с учетом сортамента выпускаемой продукции.

Представителем сложного производственного процесса можно считать прокатное производство, занимающее 75% от общего металлургического цикла, являющееся завершающим этапом в выпуске готовой продукции.

Для более подробного организационного анализа производственного процесса был выбран мелкосортный цех металлургического предприятия, который разделен на специализированные участки (рисунок). Цех предназначен для изготовления продукции профильного сортамента.

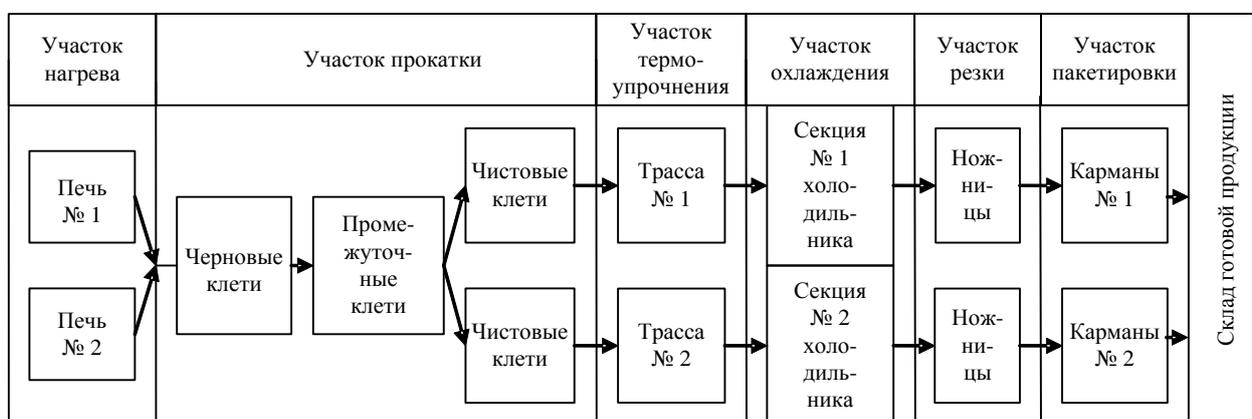


Рисунок – Схема расположения производственных участков мелкосортного цеха

Проведенные комплексные исследования и анализ организации производства и труда по участкам цеха позволили сделать следующие выводы. На участках нагрева, прокатки, термоупрочнения, охлаждения и резки функционирует высокоавтоматизированное и механизированное оборудование. Технологические процессы протекают непрерывно, участки связаны между собой единым горячим потоком металла, когда любые задержки, остановки в его движении снижают производительность цеха, производительность труда, выпуск и рентабельность продукции. Производственные процессы классифицировались по характеру участия в них рабочих: *аппаратурные процессы*, протекающие в специализированном оборудовании (при этом основными функциями рабочих являются контроль и регулирование технологического процесса); *машинные процессы*, выполняемые на оборудовании при непосредственном управлении рабочими-операторами; *машинно-ручные процессы*, выполняемые рабочими с использованием оборудования, подъемных механизмов и специальных инструментов; *ручные процессы*, выполняемые непосредственно рабочими.

При исследовании организации технологических и трудовых процессов, выяснилось, что наименее автоматизированным и наиболее трудоемким участком с использованием ручного труда является участок пакетировки металлопродукции, на котором задействовано 32 рабочих-упаковщиков и 16 клеймовщиков готового проката. В настоящее время на участке пакетировки увязка проката осуществляется в стационарных карманов рабочими вручную. Такая работа связана с большими затратами физических усилий и протекает в условиях повышенной температуры.

Основными недостатками существующей организации труда на участке пакетировки являются: значительная численность рабочих из-за большого количества ручных операций, связанных с упаковкой, клеймением, маркировкой и уборкой металлопроката; низкая производительность труда, особенно при упаковке малотоннажных пачек готового проката; жесткая связь работы участков пакетировки и прокатки приводит к сдерживанию процесса производства продукции, так как время на увязку, маркировку и уборку проката превышает длительность прокатки; низкое качество упаковки металлопроката, не всегда удовлетворяет требованиям потребителей; невозможность получения плотной увязки пачек металлопроката и прочного узла на вязке; отсутствие автоматизированного учета металлопроката в пачках.

Для рационализации и повышения технического уровня рабочих мест на данном участке необходимо провести организационно-технические мероприятия по следующим направлениям: внедрение прогрессивных технологических процессов; модернизация оборудования, внедрение средств автоматизированного слежения, учета и контроля за подготовкой и пакетировкой готовой продукции; сокращение применения ручного и тяжелого физического труда.

С целью обоснования степени влияния участка пакетировки на согласованную работу цеха, функционирующего как непрерывно-поточная человеко-техническая система, были определены технически возможные и нормативные такты работы производственных участков. Такты системы (цеха), подсистемы (участков), элементов (оборудования), микроэлементов (механизмов и действий рабочих) имеют свою внутреннюю структуру, которая соответствует структуре технологических и трудовых операций. Такт следует рассматривать как важную временную характеристику, влияющую на производительность системы, которая является одним из главных расчетных элементов при планировании объема производства, а значит производительности труда и многих других технико-экономических показателей [1].

Под тактом понимается интервал времени между одноименными моментами обработки (начала или окончания) двух смежных единиц продукции (заготовок, пакетов или пачек) на одном и том же оборудовании. Например, такт работы поточной линии, выпускающей штучную продукцию, есть разность моментов выпуска i -ой и $(i - 1)$ -ой штуки:

$$\Delta = \theta_{ai}(i) - \theta_{ai}(i-1) \quad (1)$$

В структуре сложного производственного процесса каждая единица производства (оборудование, участок) работает со своим тактом, зависящим от вида изготавливаемой про-

дукции (сортамента) и производственных ситуаций. Ситуационные такты работы системы связаны с соответствующими тактами работы её подсистем и элементов. При этом каждый такт имеет границы («фиксажные точки»), которые необходимо определять в период изучения функционирования оборудования, технологических режимов, материальных потоков, работы обслуживающего персонала.

В общем виде такт работы оборудования состоит из элементов:

$$\dot{O}_{ia} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (2)$$

где t_1 – время подачи (загрузки) заготовки в агрегат (оборудование);

t_2 – время обработки заготовки в агрегате;

t_3 – время выдачи (выгрузки) заготовки из агрегата;

t_4 – время подготовки обработанной заготовки к следующей операции.

В зависимости от вариантов выполнения операций в конкретном оборудовании (с учетом параллельно-последовательного или параллельного их протекания) выражение (1) может принять следующие виды:

$$\dot{O}_{ia} = t_1 + t_2 + t_3; \quad \dot{O}_{ia} = t_1 + t_2; \quad \dot{O}_{ia} = t_2 + t_3 + t_4; \quad \dot{O}_{ia} = t_2. \quad (3)$$

Авторами разработаны тактовые модели, позволяющие оценить степень рациональности функционирования производственных процессов в прокатных цехах [2], применения которых позволяет решать задачи совершенствования многовариантного нормирования, планирования, прогнозирования и оперативного управления технологическими и трудовыми процессами.

Наиболее сложной процедурой при построении нормативных моделей являлся процесс нормирования длительности операций, циклов, тактов, их элементов и микроэлементов, а также выбор и применение различных методов нормирования с учетом специфики конкретных объектов исследования, степени их механизации и автоматизации, последовательности и параллельности, непрерывности и периодичности, наблюдаемости, характера внешних и внутренних воздействий и других факторов. Не меньшее значение имело установление рациональной напряженности норм и нормативов трудовых операций.

При нормировании использовались комплексирование методов: имитационного моделирования, оптимума номинала, математического анализа, экспертных оценок, статистической обработки данных, которые сформированы с использованием учетной и отчетной документации, мониторинга, хронометражных наблюдений, контрольно-измерительных приборов и др.

Такты работы цеха по сортаменту прокатной продукции определялись посредством моделирования процессов: нагрева заготовок в методических печах, прокатки их в клетях, термического упрочнения в охлаждающих устройствах, естественного охлаждения на холодильнике, порезки раскатов на ножницах и пакетирования готового проката.

Единый технически возможный (нормативный) такт работы мелкосортного цеха как производственной системы при последовательном соединении участков определялся в соответствии с формулой:

$$\dot{O}_{\bar{n}}^{\partial \hat{a}(i)} = \max \left\{ \dot{O}_{\partial 1}^{\partial \hat{a}(i)}, \dot{O}_{\partial 2}^{\partial \hat{a}(i)}, \dots, \dot{O}_{\partial 6}^{\partial \hat{a}(i)} \right\}, \quad (4)$$

где $\dot{O}_{\partial 1}^{\partial \hat{a}(i)}, \dots, \dot{O}_{\partial 6}^{\partial \hat{a}(i)}$ – технически возможный (нормативный) такт работы участка, с.

Для технически возможных тактов работы каждой единицы оборудования по участкам цеха учитывались технические, технологические параметры и режимы работы оборудования, уточнялась номенклатура выпускаемой продукции, определялась расчетная единица продукции (штука, пакет или партия) и ее характеристики (вес, количество, длина, объем и

т.п.); декомпозировались операции и элементы на машинные, машинно-ручные и ручные; строились циклические графики автономной работы оборудования для всех профилеразмеров. Формирование технически возможных тактов работы каждого участка осуществлялось с учетом пространственного размещения оборудования, его количества и характера взаимодействия. Процедура выбора технически возможных тактов работы системы (цеха) для каждого профилеразмера осуществлялась путем моделирования согласованной работы основного и вспомогательного оборудования по всем участкам цеха. При этом формировалось множество оценочных тактов – рассматривались возможные варианты возникновения производственных ситуаций в зависимости от изменения внешних и внутренних условий функционирования человеко-технической системы.

Для вычисления нормативных тактов работы участков были установлены нормативные коэффициенты использования каждого вида оборудования, которые определялись с учетом степени механизации, автоматизации оборудования, вспомогательных механизмов и приспособлений, а также уровня квалификации обслуживающего персонала.

Рассмотрим подробнее методику нормирования такта работы участка пакетировки, где влияние человеческого фактора особенно выражено. На остальных участках (нагрева, прокатки, термоупрочнения, охлаждения, порезки) методики нормирования тактов были изложены в статье [3].

На участке пакетировки установлено пять пакетосборных карманов.

Технически возможный такт работы пакетосборного кармана на линии определяется по формуле:

$$\dot{O}_{i\bar{e}}^{\delta\hat{a}} = \frac{\tau_{n\hat{a}} \cdot G_{i\bar{e}}}{q_{i\bar{a}} \cdot l_{\hat{a}} \cdot Z_{\phi \cdot i}} + \frac{l_{\hat{a}}}{V_{\delta\hat{a}}} \cdot (Z_i - 1) + \tau_{i\hat{a}\hat{a}}, \quad (5)$$

где $\tau_{сб}$ – время сброса толкателем одной пачки в карман, с;

$\tau_{обв}$ – время обвязки пакета готового проката проволокой, с;

Z_n – количество пачек в готовом пакете, шт;

$Z_{ш.п.}$ – количество штанг в одной пачке, шт;

l_p – длина готовой пачки, м;

$q_{пг}$ – масса погонного метра готового профиля, кг;

$G_{пк}$ – масса пакета готового проката, кг;

$V_{рз}$ – скорость рольганга, м/с.

Время обвязки пакета готового проката определяется по формуле:

$$t_{i\hat{a}\hat{a}} = \frac{(\tau_{i\hat{a}\hat{a}1} + \tau_{i\hat{a}\hat{a}2} + \tau_{i\hat{a}\hat{a}3}) \cdot Z_{i\hat{a}\hat{a}}}{Z_{-\hat{a}\bar{e}}} \quad (6)$$

где $\tau_{обв1}$ – время взятия рабочим обвязочной проволоки, с;

$\tau_{обв2}$ – время подхода рабочего к месту обвязки, с;

$\tau_{обв3}$ – время собственно обвязки проволокой пакета готового проката рабочим вручную;

$Z_{обв}$ – количество обвязок одной пачки готового проката, шт;

$Z_{чел}$ – количество рабочих одновременно производящих обвязку проволокой проката в нескольких местах.

На основе исследований выявлено, что человеческий фактор существенно влияет на такт работы участка пакетировки из-за выполнения ручных операций, колебания длительности которых составляют 20 – 30 % от средних значений. Поэтому были разработаны нормативные коэффициенты использования оборудования, где учитывались (корректирующим коэффициентом) доля влияния ручного труда.

По разработанной нормативной модели рассчитывались технически возможные такты, длительности операций и циклов, устанавливались нормативные значения коэффициентов использования оборудования, затем определялись нормативные такты работы участков с учетом сортамента и производственных ситуаций. Результаты реализации тактовой модели приведены на примере производства профиля (арматуры № 14) в таблице.

Технически возможные и нормативные такты работы производственной системы (цеха) выбирался из тактов работы каждой подсистемы (участка):

а) до модернизации

$$\dot{O}_{\bar{n}}^{\dot{\delta}a} = \max \{15,0; 21,75; 20,9; 16,5; 18,25; 23,8\} = 23,8 \text{ с}$$

$$\dot{O}_{\bar{n}}^j = \max \{16,7; 23,6; 22,7; 18,1; 19,6; 28,0\} = 28,0 \text{ с}$$

б) после модернизации

$$\dot{O}_{\bar{n}}^{\dot{\delta}a} = \max \{15,0; 21,75; 20,9; 16,5; 18,25; 14,0\} = 21,75 \text{ с}$$

$$\dot{O}_{\bar{n}}^j = \max \{16,7; 23,6; 22,7; 18,1; 19,6; 15,6\} = 23,6 \text{ с}$$

Сравнительный анализ полученных результатов технически возможных и нормативных значений тактов работы основного участка (прокатки) и вспомогательных участков (нагрева, термоупрочнения, охлаждения, порезки и пакетировки) показал, что «узким местом» в поточной системе является участок пакетировки, который лимитирует работу ведущего участка прокатки. Кроме этого, анализ организации трудовых процессов и условий труда рабочих на участке пакетировки выявил такие факторы, как использование ручного труда с тяжелой физической нагрузкой при повышенном уровне шума и тепловом излучении металла.

С целью улучшения условий и сокращения ручного труда рабочих на участке пакетировки, а также обеспечения ритмичной работы цеха в непрерывном технологическом потоке предлагается установить автоматизированную систему упаковки проката в пакеты, что даст возможность: улучшить качество готовых пакетов; уменьшить затраты времени на получение готового пакета; сократить затраты на обвязочные материалы; увеличить конкурентоспособность продукции на рынке за счет товарного вида и соответствия прокатной продукции требованиям мировых стандартов; сократить количество ручных операций за счет установки вязальных машин, что исключит человеческий фактор в процессе обвязки; увеличить учет, контроль и слежение за текущей информацией о пакетах за счет установки системы мониторингового слежения, расширить возможность поставки пакетов в зависимости от веса, длины и количества штанг.

В связи с вводом в эксплуатацию автоматизированных технологических пакетировочных линий предполагается снижение численности рабочих по уборке готового проката с шести до четырех человек в смену и клеймовщиков готового проката с четырех до двух человек в смену.

Расчет необходимой численности рабочих на участке пакетировки:

$$Ч_{y\delta} = Ч_{cm} \cdot K_{\delta} \cdot K_{nd}, \quad (7)$$

где $Ч_{y\delta}$ – численность рабочих в одну смену, чел;

K_{δ} – количество бригад, шт.;

K_{nd} – коэффициент подмены.

В настоящее время на участке пакетировки по штатному расписанию и по нормативу рабочего персонала 44 человека (28 упаковщиков и 16 клеймовщиков). В результате ввода технологических линий высвобождается 15 человек (9 упаковщиков и 6 клеймовщиков). После предлагаемого внедрения автоматизированного производственного комплекса были определены технически возможный и нормативный такт работы участка пакетировки.

Технически возможный такт работы пакетирующего агрегата:

$$\begin{aligned} \dot{O}_{ia}^{\dot{\delta}a} = t_{\delta e} + \tau_{iaa}; \quad t_{\delta e} = t_k \cdot Z_{\bar{n}e} + t_{\delta\delta.\delta} \cdot (Z_{\bar{n}e} - 1); \quad t_{\delta\delta.\delta} = \frac{l_{\delta.\delta} - l_{\bar{a}}}{V_{\delta\bar{a}}}; \\ t_{iaa} = \left(\frac{2S_{i\bar{e}1}}{V_{i\bar{e}1}} + \frac{d_{i\bar{e}}}{V_{\bar{a}\bar{a}}} \right) \cdot Z_{iaa} + \frac{S_{i\bar{e}2}}{V_{i\bar{e}2}} \cdot (Z_{iaa} - 1), \end{aligned} \quad (8)$$

где $t_{ук}$ – время набора пакета проката машиной-укладчиком, с;
 $t_{обв}$ – время обвязки пакета пакетовязальной машиной, с;
 t_k – время кантовки слоя проката магнитным кантователем, с;
 $Z_{сл}$ – количество слоев в готовой пачке, шт;
 $t_{мр.у}$ – время транспортировки одного слоя к укладчику, с;
 $l_{р.у}$ – длина рольганга перед магнитным укладчиком, м;
 l_2 – длина готовой пачки, м;
 $S_{нк1}$ и $S_{нк2}$ – путь поперечного и продольного перемещения пакетовязальной машины, м;
 $V_{нк1}$ и $V_{нк2}$ – скорость поперечного и продольного перемещения пакетовязальной машины, м/с;
 $d_{нк}$ – диаметр обвязываемой пачки проката, м;
 $V_{в2}$ – скорость перемещения вязальной головки машины, м/с;
 $Z_{обв}$ – количество обвязок одной пачки готового проката, шт.

В связи с тем, что предлагаемая модернизация реализуется на участке пакетировки, значения технически возможного и нормативного тактов на этом участке изменяются, а на остальных – остаются неизменными.

Таким образом, после предлагаемых организационно-технических мероприятий на участке пакетировки путем внедрения автоматизированного процесса упаковки прокатной продукции, направленной на ликвидацию ручного труда, такты работы этого участка сократятся: технически возможный от 23,8 до 14 секунд; нормативный от 28 до 15,6 секунд. В результате этот участок не будет сдерживать работу основного (ведущего) участка, а такт работы системы будет соответствовать такту работы участка прокатки. Следовательно, при осуществлении предлагаемой модернизации такт работы системы (мелкосортного цеха) сократится: технически возможный от 23,8 с до 21,75 с; нормативный от 28 с до 23,6 с. Ожидаемый такт работы системы сократится от 33,5 с до 28,5 с. Загрузка прокатных клетей в зависимости от сортамента увеличится в среднем на 11 %, на других участках уровень загрузки оборудования повысится на 5 – 14 %. На участке пакетировки резервное время даст возможность в некоторых производственных ситуациях один или два агрегата не использовать, при этом сократятся издержки производства.

На основании моделирования работы основного и вспомогательного оборудования по участкам цеха были определены такты системы (технически возможные и нормативные) для заданного сортамента (круги диаметром 12 – 14 мм, арматура № 10 – 14, угловые профили). Затем рассчитаны показатели производственной программы цеха: производительности системы (технически возможные и нормативные) по сортаменту и средневзвешенные; фонд времени работы оборудования (нормативный и регламентированный), объемы производства по сортаменту на плановый (нормативный) период времени, производственная мощность (таблица).

После предлагаемой модернизации на участке пакетировки (с учетом капитальных вложений) выпуск продукции увеличится на 18 % за счет повышения производительности цеха на 16,7 т/ч и увеличения фонда времени его работы на 7 ч/год (при сокращении текущих простоев по организационным причинам). Кроме этого, сократится численность и фонд заработной платы рабочих, повысится производительность труда, снизится трудоемкость продукции и сократятся издержки производства. Годовая экономия от снижения производственной себестоимости единицы продукции и увеличения объема производства после предлагаемой модернизации на участке пакетировки составит 43,4 млн руб.

На основании анализа технико-экономических показателей, подробного изучения техники, технологии, организации производства и труда, комплексных исследований на каждом участке мелкосортного цеха было доказано, что на эффективность функционирования производственного процесса влияют не только технологические, но и в значительной степени трудовые процессы (таблица 1). Разработанная нормативная модель функционирования мелкосортного цеха позволила сформировать нормативную базу технико-экономических показателей, необходимых для планирования, прогнозирования и оперативного управления производством.

Таблица 1 – Прогнозирование показателей производственной программы мелкосортного цеха

Показатели	Единицы измерения	Расчетные значения для ПМ ₁	Фактические значения	Нормативные значения		Расчетные значения для ПМ ₂
				до	после	
				модернизации		
1. Календарное время	сут	365	365	365	365	365
	ч	8760	8760	8760	8760	8760
2. Капитальный ремонт	сут	–	–	–	3	–
	ч	–	–	–	72	–
3. Планово-предупредительные ремонты	сут	15	15,83	15,83	12,83	15
	ч	360	380	380	308	360
4. Номинальное время	ч	8400	8380	8380	8380	8400
5. Текущие простои:						
– технические	ч	140	164,3	158	158	140
– технологические	ч	185	210,8	192,6	192,6	185
– организационные	ч	360	395,5	372	365	354
(в том числе задержки на участке пакетировки)	(ч)	(6)	(10)	(7)	(–)	(–)
– независящие	ч	–	40,2	–	–	–
Итого текущих простоев	ч	685	810,8	722,6	715,6	679
6. Текущие простои к номинальному времени	%	8,2	9,7	8,6	8,5	8,1
7. Фактическое время	ч	7715	7569,2	7657,4	7664,4	7721
8. Производительность цеха	т/ч	107,3	76,4	91,1	107,8	117,1
9. Выпуск продукции	т	–	578286,88	697589,14	826222,32	–
10. Производственная мощность ПМ ₁ и ПМ ₂ – до и после модернизации на участке пакетирования	т	827819,5	–	–	–	904129,1
Коэффициент прироста выпуска продукции: $\hat{E}_{10}^{\text{пр}} = 826222,32 : 697589,14 = 1,18$						

Библиографический список

1. Мусатова А.И., Кадыков В.Н., Кулаков С.М. Оценивание производительности производственной системы на основе тактового подхода // Научное обозрение. – 2014. – № 5. – С. 253 – 262.
2. Мусатова А.И., Кулаков С.М., Кадыков В.Н. К оцениванию нормативных коэффициентов использования оборудования в прокатных цехах // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2010. – № 2. – С. 47 – 51.
3. Кадыков В.Н., Кулаков С.М., Мусатова А.И. Алгоритм оценивания ситуационных тактов работы прокатного комплекса // Изв. вуз. Черная металлургия. – 2011. – № 8. – С. 61 – 69.
4. Kulakov S.M., Musatova A.I., Kadykov V.N., Baranov P.P. Timing Models in the Reengineering of Metallurgical Production Systems // Steel in Translation. 2015. Vol. 45, no. 5, pp. 367 – 375.
5. Медиков В.Я. Производственные мощности и их использование / В.Я. Медиков – М.: МГУП, 2002. – 264 с.
6. Dusan Malindzak, Andrzej Gazda. The principles and specifics of logistics of metallurgical production // Metal, 2011, 5 pp. 18-20.
7. P. Snapka, M. Mikusova, K. Janovska, A. Samolejova Simulation model of metallurgical production management // Metall, 2013, pp. 429-431.

УДК 624.7.001.5

ПОСТРОЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ-ВОЛОЧИЛЬЩИКОВ В РЕЖИМЕ МНОГОСТАНОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Кадыков В.Н., Мусатова А.И.

*Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, musatova-ai@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрена задача определения рационального количества волочильных станов, которые может одновременно обслуживать один рабочий-оператор. Для ее решения построена многовариантная имитационная модель человеко-машинной системы «оператор – волочильные станы». Результаты моделирования и оптимизации представлены в табличной форме для разных типов волочильных станов метизного производства.

Ключевые слова: оператор-волочильщик, трудовые операции, многостановое обслуживание, моделирование, нормативы, нормы выработки.

CONSTRUCTION OF THE NORMATIVE MODEL OF WORK OPERATORS OF SCRAPERS IN THE MODE MULTIPLE SERVICE

Kadykov V.N., Musatova A.I.

*Siberian State Industrial University,
Novokuznetsk, Russia, musatova-ai@yandex.ru*

Abstract. The task of determining a rational number of drawing mills that can be simultaneously served by one worker-operator is considered. To solve this problem, a multivariate imitational model of a human-machine system “operator-draw mills” has been built. The results of modeling and optimization are presented in tabular form for different types of wire mills for hardware production.

Key words: drag operator, labor operations, multi-service, modeling, standards, production standards.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ 1: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	4
МЕТАЛЛУРГИЯ КУЗБАССА: НАСТОЯЩЕЕ И БУДУЩЕЕ <i>Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Галевский Г.В., Козырев Н.А., Коротков С.Г., Фастыковский А.Р.</i>	4
СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ <i>Протопопов Е.В., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	9
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р.</i>	14
ФЕРРОСПЛАВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО: СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В МИРЕ И РОССИИ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ёлкин К.С., Голодова М.А.</i>	20
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ РЕЛЬСОВ <i>Козырев Н.А.¹, Шевченко Р.А., Протопопов Е.В., Кратько С.Н., Хомичева В.Е.</i>	33
85 ЛЕТ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ. К ЮБИЛЕЮ КАФЕДРЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ СИБГИУ <i>Коротков С.Г., Темлянец М.В., Стерлигов В.В.</i>	44
МОЛИБДЕНОВЫЕ КОНЦЕНТРАТЫ : СЫРЬЕВАЯ БАЗА И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБОГАЩЕНИЯ <i>Полях О.А., Комрони М.</i>	55
РЕСУРСО – И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ОТЛИВОК С ТЕРМОВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКОЙ <i>Лубяной Д.А., Мамедов Р.О., Князев С.В.</i>	61
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЛАКОВ РАФИНИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ <i>Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Ходосов И.Е., Ёлкин К.С.</i>	66
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО И МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЛИБДЕНА, ЕГО СПЛАВОВ И СОЕДИНЕНИЙ <i>Горлова А.А., Галевский Г.В., Руднева В.В.</i>	72
КОМПАНИЯ SINF – ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ЛИДЕР В ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ИНЖИНИРИНГЕ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Чжан Кэ</i>	78
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ ОКАТЫШЕЙ С ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫМИ СВОЙСТВАМИ <i>Павловец В.М.</i>	81
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПОДОВОЙ ФУТЕРОВКИ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА: СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ <i>Горлова А.А., Згербач О.В., Галевский Г.В.</i>	90
ПРИМЕНЕНИЕ ДИБОРИДА ТИТАНА ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАТОДОВ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Гордиевский О.И.</i>	94
ПРОИЗВОДСТВО ОБОЖЖЕННЫХ АНОДОВ ДЛЯ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ: ДОМИНИРУЮЩИЕ ТЕНДЕНЦИИ, ТЕХНОЛОГИЯ, КАЧЕСТВО <i>Лысенко О.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.</i>	101

СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М.⁴, Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	110
СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕТАЛЛУРГИИ.....	118
<i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Комрони М., Макарычева Е.Г., Смит С.В.</i>	118
ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ СКРАПА ШЛАКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ <i>Амелин А.В., Протопопов Е.В., Кузнецов С.Н., Калиногорский А.Н., Ганзер Л.А.</i>	124
ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ МАРГАНЦЕВЫХ КОНЦЕНТРАТОВ <i>Прошунин И.Е., Нохрина О.И., Рожихина И.Д.</i>	128
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ ИЗ КОНВЕРТЕРНОГО ВАНАДИЕВОГО ШЛАКА ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ СТАЛИ <i>Голодова М.А., Рожихина И.Д., Нохрина О.И., Рыбенко И.А.</i>	133
СЕКЦИЯ 2: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ: ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО, ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ И КОЭФФИЦИЕНТА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Сметанюк С.В., Пономарева К.В., Гаврилов Г.Н.</i>	139
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ОТЛИВОК И СЛИТКОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОРМЕ <i>Деев В.Б., Приходько О.Г., Прусов Е.С., Протопопов Е.В., Темлянец М.В., Куценко А.И., Mei Shunqi, Ри Э.Х., Базлова Т.А., Сметанюк С.В., Соколов А.А.</i>	146
МЕЛКОСЕРИЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЛИТЫХ ПОРИСТЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ <i>Князев С.В., Усольцев А.А., Куценко А.И., Куценко А.А., Соколов Б.М.</i>	152
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ МАРКИ Э90ХАФ <i>Симачев А.С., Осколкова Т.Н.</i>	159
МНОГОСТАДИЙНАЯ ПРОТЯЖКА КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НА ПЛОСКИХ БОЙКАХ НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ ПРЕССЕ <i>Перетягко В.Н., Вахман С.А., Филиппова М.В., Юрьев А.Б.</i>	164
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКИХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ХРОМОМ, В ТЕМПЕРАТУРНОМ ИНТЕРВАЛЕ ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ <i>Уманский А.А., Головатенко А.В., Симачев А.С., Дорофеев В.В.</i>	170
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ – РАЗДЕЛЕНИЯ НА ДЕЙСТВУЮЩЕМ ПРОИЗВОДСТВЕ <i>Фастыковский А.Р., Беляев С.В.</i>	175
НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВИНТОВЫХ ПРОФИЛЕЙ ВОЛОЧЕНИЕМ <i>Фастыковский А.Р., Чинокалов Е.В.</i>	180
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЗАХВАТА И КОЛЕБАНИЙ ПОЛОСЫ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВИБРАЦИЙ ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ <i>Кожевников А.В., Смирнов А.С., Платонов Ю.В.</i>	184

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТРУДОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОКАТНОГО КОМПЛЕКСА <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	188
ПОСТРОЕНИЕ НОРМАТИВНОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ОПЕРАТОРОВ-ВОЛОЧИЛЬЩИКОВ В РЕЖИМЕ МНОГОСТАНОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ <i>Кадыков В.Н., Мусатова А.И.</i>	196
РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНЫХ КАЛИБРОВОК АСИММЕТРИЧНЫХ РЕЛЬСОВЫХ ПРОФИЛЕЙ НА УНИВЕРСАЛЬНОМ РЕЛЬСОБАЛОЧНОМ СТАНЕ АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Дорофеев В.В., Добрянский А.В., Фастыковский А.Р.</i>	202
ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЫТНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ НА ИЗНОС И УДАР В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ <i>Исагулов А.З., Квон Св.С., Куликов В.Ю.</i>	208
ДЛИНА ЗОНЫ ПЛАВНОГО ПЕРЕХОДА И ХАРАКТЕРИСТИКИ ЖЁСТКОСТИ С- И Н-ОБРАЗНОГО ПРОФИЛЕЙ, ФОРМУЕМЫХ ПО ПОЛУЗАКРЫТЫМ СХЕМАМ <i>Филимонов А.В., Филимонов С.В., Филимонов В.И.</i>	213
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОЛОЧКОВОЙ ФОРМЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Ковалева Т.В., Еремин Е.Н.	219
ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ В МЕЛЮЩИХ ШАРАХ <i>Исагулов А.З., Аубакиров Д.Р.</i>	223
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ <i>Исагулов А.З., Исагулова Д.А.</i>	228
ДЕФОРМАЦИЯ, ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И СВОЙСТВА ПОРШНЕВЫХ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИХ СИЛУМИНОВ <i>Афанасьев В.К., Прудников А.Н., Прудников В.А.</i>	234
СЕКЦИЯ 3: ТЕОРИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ, ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ И ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ	241
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	241
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ВОЛЬФРАМА ИЗ ОКСИДА ПРИ НАПЛАВКЕ ПОРОШКОВЫМИ ПРОВОЛОКАМИ <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Бащенко Л.П., Михно А.Р.</i>	244
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ WO_3 АЛЮМИНИЕМ ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ <i>Крюков Р.Е., Бендре Ю.В., Горюшкин В.Ф., Козырев Н.А., Шурупов В.М.</i>	251
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА <i>Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Михно А.Р., Бащенко Л.П.</i>	256
ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЫЛИ ГАЗООЧИСТКИ ФЕРРОХРОМА <i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Прудников А.Н., Михно А.Р.</i>	261
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОВШЕВОГО ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ШЛАКА В КАЧЕСТВЕ ФЛЮС – ДОБАВКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ СВАРОЧНЫХ ФЛЮСОВ <i>Михно А.Р., Козырев Н.А., Крюков Р.Е., Усольцев А.А., Уманский А.А.</i>	267

УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО СПЛАВА ВК10КС ДЛЯ РЕШЕНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ <i>Осколкова Т.Н., Глезер А.М.</i>	272
НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ: ИСТОРИЯ, РЕАЛЬНОСТЬ И ПРОГНОЗЫ <i>Полях О.А., Полях К.Е., Вильдеманн В.</i>	277
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭРОЗИИ ЭЛЕКТРОДОВ ПЛАЗМОТРОНА ЭДП-104А В АЗОТНОЙ ПЛАЗМЕ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Галевский С.Г., Мишне И.</i>	281
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЛАЗМООБРАБОТКИ КАРБИДА КРЕМНИЯ <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г., Черновский Г.Н., Крушенко Г.Г., Стафецкис Л., Черепанов А.Н.</i>	285
ИССЛЕДОВАНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ОБРАЗУЮЩИХСЯ ПРИ КОНТАКТНОЙ СТЫКОВОЙ СВАРКЕ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ <i>Шевченко Р.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Михно А.Р.</i>	294
РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ МОДЕЛИ ПЛАЗМОСИНТЕЗА ДИБОРИДА ТИТАНА <i>Галевский Г.В., Руднева В.В., Оршанская Е.Г., Ефимова К.А.</i>	298
ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НОВЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК СИСТЕМЫ Fe–C–Si–Mn–Cr–Ni–Mo <i>Козырев Н.А., Усольцев А.А., Гусев А.И., Осетковский И.В., Михно А.Р.</i>	306
СВАРОЧНЫЙ ФЛЮС НА ОСНОВЕ БАРИЙ – СТРОНЦИЕВОГО МОДИФИКАТОРА И ШЛАКА СИЛИКОМАНГАНА <i>Козырев Н.А., Михно А.Р., Усольцев А.А., Крюков Р.Е., Попова М.В.</i>	322
ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛА, НАПЛАВЛЕННОГО ХРОМИСТОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ <i>Еремин Е.Н., Лосев А.С., Бородихин С.А., Пономарев И.А.</i>	328
КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ СПЛАВА СИСТЕМЫ Sn-Sb, ПОЛУЧЕННЫЕ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ <i>Калашиников И.Е., Болотова Л.К., Быков П.А., Катин И.В., Кобелева Л.И.</i>	334
ИССЛЕДОВАНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВЫХ СТАЛЕЙ <i>Шевченко Р.А., Кузнецов В.А., Козырев Н.А., Усольцев А.А., Михно А.Р.</i>	338
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЛЬСОВОЙ СТАЛИ <i>Кузнецов В.А., Шевченко Р.А., Усольцев А.А., Козырев Н.А., Михно А.Р.</i>	342
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАЗМОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА КАРБИДА ЦИРКОНИЯ <i>Алексеева Т.И., Галевский Г.В., Руднева В.В., Галевский С.Г.</i>	347
ОСОБЕННОСТИ КАРБОТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОКСИДА ВОЛЬФРАМА(VI) В ПЛАЗМЕННОМ ПОТОКЕ АЗОТА <i>Баротов Ф.Б., Ноздрин И.В.</i>	351
СЕКЦИЯ 4: ТЕПЛО- И МАССОПЕРЕНОС В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ И АГРЕГАТАХ. РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ	355
БИОМОНИТОРИНГ РЕКУЛЬТИВИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ШЛАМОХРАНИЛИЩА АО «ЕВРАЗ ЗСМК» <i>Водолеев А.С., Сияевский Д.В., Кривцова Ю.В.</i>	355
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО, ХИМИЧЕСКОГО И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВОВ ПРОКАТНОЙ ОКАЛИНЫ И ОБЕЗВОЖЕННОГО ШЛАМА ГАЗООЧИСТКИ <i>Аникин А.Е., Галевский Г.В., Руднева В.В., Ноздрин Е.В.</i>	358

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ <i>Соловьев А.К., Шевченко А.А.</i>	364
ВЫБОР МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ТОПЛИВА НА ОСНОВЕ ЭНЕРГОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТОИМОСТНОЙ ОЦЕНКИ <i>Стерлигов В.В.</i>	369
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТОПЛИВА <i>Стерлигов В. В.</i>	373
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ – КАТАЛИЗАТОРЫ ОЧИСТКИ ГАЗООБРАЗНЫХ ВЫБРОСОВ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	377
ОЦЕНКА РИСКОВ НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ С ВНЕДРЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ <i>Титова О.О., Павлович Л.Б., Медведская Е.В.</i>	379
ТЕХНОГЕННЫЕ КАТАСТРОФЫ И ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ <i>Апасов А.М.</i>	384
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ <i>Спирин Н.А., Онорин О.П., Истомин А.С., Гурин И.А.</i>	393

Научное издание

**МЕТАЛЛУРГИЯ:
ТЕХНОЛОГИИ, ИННОВАЦИИ, КАЧЕСТВО**
«Металлургия – 2019»

Труды XXI Международной научно-практической конференции

Часть 1

Под общей редакцией профессора Е.В. Протопопова

Технический редактор	В.Е. Хомичева
Компьютерная верстка	Н.В. Ознобихина

Подписано в печать 04.10.2019 г.
Формат бумаги 60×84 1/16. Бумага офисная. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 23,4 Уч.-изд. л. 25,8 Тираж 300 экз. Заказ № 235

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ