

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Кафедра «Обработки металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

выпускной квалификационной работы:

Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса
в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»
(тема)

ОБУЧАЮЩИЙСЯ _____
(подпись)

Вахроломеев Владимир Анатольевич
(фамилия, имя, отчество)

допущен к защите в государственной экзаменационной комиссии «10» Июля 2020 г.

Руководитель д.т.н., доцент
(уч. степень, звание)

(подпись)

Фастыковский А.Р.
(фамилия, имя, отчество)

Заведующий кафедрой д.т.н., доцент
(уч. степень, звание)

(подпись)

Фастыковский А.Р.
(фамилия, имя, отчество)

Директор института
металлургии и
материаловедения

д.т.н., профессор
(уч. степень, звание)

(подпись)

Галевский Г.В.
(фамилия, имя, отчество)

Нормоконтроль д.т.н., доцент
(уч. степень, звание)

(подпись)

Фастыковский А.Р.
(фамилия, имя, отчество)

Новокузнецк

2020

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра «Обработка металлов давлением и металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ Фастыковский А.Р.

«_____» _____ 2020г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

обучающегося Вахроломеева Владимира Анатольевича
(фамилия, имя, отчество)
группы МММ-18

Тема работы: Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Утверждена приказом от 15.05.2020г № 426-м

Характер работы аналитическая работа

Срок сдачи обучающимся законченной работы «10» Июля 2020г.

Исходные условия и данные к работе: техническая документация

Кислородно-конверторного цеха №2, сталеплавильного производства,
требования техники безопасности

Цель, задачи работы: Модернизация производства, для расширения сортамента продукции и повышения конкурентоспособности предприятия. Рассмотреть перспективы литейно-прокатных комплексов (ЛПК). Рассмотреть возможную площадку для строительства. Проработать варианты исполнения ЛПК и сортамент. Выделить на основании технико-экономических показателей оптимальный состав оборудования.

Содержание работы: Общая часть состоит из разделов: история ЗСМК, характеристика ККЦ-2 и технологический процесс производства стали, принцип производства заготовки на МНЛЗ. Обзор ЛПК в мире: распределение производств,

объемы и сортамент, перспективы развития. Требования к реализации проекта по строительству ЛПК на базе сталеплавильного производства, ККЦ-2 ЗСМК. Сравнительный анализ перспективных по своему составу оборудования и производимому сортаменту ЛПК.

Предполагаемое использование результатов: Модернизация производства, для расширения сортамента продукции и повышения конкурентоспособности предприятия. Строительство литейно-прокатного комплекса на базе существующего производства кислородно-конверторного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Перечень графического материала: _____.

Консультанты по работе с указанием относящихся к ним разделов работы

Специальная часть Фастыковский А.Р.

Нормоконтроль Фастыковский А.Р.

Руководитель _____
(подпись)

Задание к исполнению принял _____ « ____ » _____ 2020г.

Аннотация

Вахроломеев В.А. Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»: Выпускная квалификационная работа по направлению подготовки «Металлургия», (22.04.02). – Новокузнецк, 2020. – 103с. Таблиц 16, источников 43, рисунков 13, чертежей 7.

Проведен качественный обзор перспективных направлений развития в металлургии. Предложена модернизация производства - строительство литейно-прокатного комплекса, линии комбинированной прокатки полосы, на базе существующего кислородно-конвертерного цеха АО «Евраз ЗСМК».

Таким образом, будет расширен востребованный на рынке сортамент продукции, с сокращением потерь на переделах в процессе производства.

Разработка проекта с последующим строительством повысит конкурентную способность предприятия, заполнит нишу с востребованной продукцией в регионе, позволит увеличить количество рабочих мест, повысит статус предприятия, как высокотехнологичного производства.

Исполнитель

Вахроломеев В.А.

Annotation

Vakhrolomeev V.A.. Assessment of the prospects for the construction of a Casting and Rolling complex in the conditions OJSC Evraz ZSMK to improve production efficiency: Final qualifying work in the direction of training «Metallurgy», profile of training «Processing of metals by pressure» (22.04.02). (Novokuznetsk, 2020. (103 pages, tables 18, literature sources - 43, figures - 13, sketches- 7).

Modernization of production was proposed, namely the construction of a Casting and Rolling complex, a line for combined strip rolling, based on the existing oxygen-converter plant OJSC EVRAZ ZSMK.

Thus, commercially successful range of products by the market will be expanded, with a reduction in losses within the production process.

Development of the project with subsequent construction will increase the competitive ability of the enterprise; fill a room in the market with the high-demanded products in the region. This will increase the number of workplaces, big up the status of the enterprise as a high-tech manufacturing.

The executor

Vakhrolomeev V.A .

Содержание

Введение	9
1 Общая часть.....	11
1.1 История становления Западносибирского металлургического комбината.....	11
1.2 Характеристика кислородно-конвертерного цеха №2	12
1.3 Конвертерное отделение.....	15
1.4 Отделение подготовки лома	18
1.5 Отделение перелива чугуна (ОПЧ)	18
1.6 Разливочное отделение.....	19
1.7 Отделение непрерывной разливки стали	20
1.8 Общевспомогательное оборудование цеха.....	23
1.9 Сортамент производства стали: слитки, слябы, заготовка.....	26
1.10 Принцип получения заготовки на МНЛЗ	27
2 Мировые практики литейно-прокатных комплексов	28
2.1 Распределение ЛПК в мировой металлургии	28
2.2 Развитие технологий литейно-прокатного комплекса.....	31
2.3 Развитие ЛПК на расширение сортамента	36
3 Строительство литейно-прокатного комплекса	43
3.1 Характеристики готовой продукции. Сортамент.....	45
3.2 Предварительные технические решения.....	51
3.2.1 Расчет производительности литейно-прокатного комплекса	51
3.3 Состав основного технологического оборудования	56
3.4 Варианты технологических линий литейно прокатного комплекса	58
3.4.1 Линия непрерывной прокатки полосы (ЛНПП)	58
3.4.2 Линия периодической прокатки полосы (ЛППП)	63
3.4.3 Линия комбинированной прокатки полосы.....	67
3.5 Размещение литейно-прокатного комплекса (ЛПК)	72
3.6 Сравнительный анализ технологических линий	73
3.6.1 Сравнение технологических линий производства горячекатаной полосы	74
3.6.2 Сравнение затрат на строительство и эксплуатацию литейно прокатного комплекса (ЛПК)	76
3.6.3 Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии.....	81
4 Охрана труда	84
4.1 Общие требования безопасности.....	84
4.2 Требования безопасности при работе на агрегатах, машинах, станках и механизмах.....	86
4.3 Обучающиеся, направляемые на производственную практику:	88

4.4 Требования безопасности при передвижении по территории и производственным помещениям	90
Заключение	91
Список использованных источников	92
Приложение 1	97
Приложение 2	98
Приложение 3	99
Приложение 4	100
Приложение 5	101
Приложение 6	102
Приложение 7	103

Введение

Металлургические производства полного цикла требуют определенных условий для строительства, сырья, энергоресурсы (топливные, электроэнергия, вода), помимо этого, такие предприятия требуют немало площадей для распределения производств различных переделов до конечного продукта, который в свою очередь является самым дорогим в линейке, востребованным и соответственно высоко рентабельным товаром. Но с развитием металлургии возросла и конкуренция, которая диктовала условия повышения качества, производительности оборудования и снижения затрат на производство. Основным направлением в развитии, включающем в себя все описанные потери, стало сокращение переделов в организацию единого непрерывного потока. Таким образом снижались затраты на энергоносители, транспортировку, складирование, содержание оборудования и др. На территории бывшего СССР, ныне Российской Федерации и стран СНГ принято название «Литейно-прокатные комплексы (ЛПК)». За рубежом закрепилось название «Совмещенный процесс непрерывного литья и прокатки». Первый подобный комплекс был запущен на заводе Ньюкор Стил в 1989 году, в США, в городе Кроуфордсвилл. С того момента мировая металлургия приросла на 68 подобных ЛПК, выпускающих ежегодно 120 млн. т продукции.

Акционерное общество «Западно-Сибирский металлургический комбинат» является одним из крупнейших металлургических комплексов Российской Федерации. Строительство и реконструкция цехов и агрегатов велись с широким применением новой техники и технологии, внедрением передового отечественного и зарубежного опыта. Современная структура комбината включает в себя коксоаглодоменное, сталеплавильное, прокатное производства.

Одним из направлений совершенствования процессов производства проката в настоящее время является использование для производства листового проката литейно-прокатного комплекса (ЛПК), представляющего совмещенную технологическую линию, в состав которой входят МНЛС для литья тонких слябов, устройства для передачи непрерывно литых слябов, печь для их подогрева и

непосредственно прокатный стан с необходимым технологическим оборудованием. Применение такой технологии по сравнению с традиционной технологией раздельного получения литой заготовки и ее последующей прокатки позволяет практически полностью использовать теплоту литой заготовки для ее деформации, что способствует снижению расхода энергии на нагрев. Также исключается промежуточное складирование заготовок, что повышает производительность стана и эффективность использования оборудования.

Следует отметить, что обжатие литого металла в таком совмещенном процессе способствует улучшению качества поверхности и структуры проката. Совмещение процессов разливки и прокатки позволяет снизить себестоимость проката благодаря повышению выхода годного и сокращению расходов по переделу.

Кроме того, в ЛПК можно получать заготовки различных профилей, в том числе малых сечений без снижения производительности, так как сталь разливают в кристаллизатор одного наиболее выгодного размера, под который разработаны все схемы калибровок прокатного стана.

В соответствии с изложенным для расширения сортамента готовой продукции предусматривается модернизация существующего производства со строительством ЛПК мощностью до 2,5 млн т/год г/к рулонов. Для их производства потребуется около 2,61 млн т/год жидкой стали.

В современных рыночных отношениях среди конкурирующих предприятий более успешны те из них, чья продукция имеет высокое качество при относительно невысокой стоимости, чья репутация проверена годами и подтверждена множеством наград, свидетельств и золотых знаков качества. Для достижения таких результатов необходимо своевременно и грамотно обновлять материальную базу, проводить мероприятия по совершенствованию организации и планированию производства на предприятии. И, конечно, перепрофилировать сортамент под требования рынка.

1 Общая часть

1.1 История становления Западносибирского металлургического комбината

Западно-Сибирский металлургический комбинат расположен в городе Новокузнецке Кемеровской области - Кузбассе, которая является крупнейшим промышленным районом на востоке России.

ЗСМК имеет замкнутый металлургический цикл и является крупнейшим предприятием отрасли в сибирском регионе, предназначен для обеспечения внешних и внутренних рынков строительными, машиностроительными профилями металлопроката (катанка, уголок, швеллер, арматура, проволока).

В 1957 году утверждено проектное задание на строительство ЗСМК в городе Новокузнецке. Первые металлургические агрегаты (коксовые батареи, турбогенератор ТЭЦ, доменная печь) были введены в эксплуатацию в 1963-1964 гг. 27 июня 1964 года был получен первый чугун на доменной печи № 1.

На Запсибе было выбрано приоритетное развитие прокатное производство. В 1965 году был пущен мелкосортный стан «250-2», в 1966 году - проволочный стан. В течении трех лет (1967-1969 гг) вводятся третья коксовая батарея, две аглоленты, доменная печь № 2, первая очередь блюминга., конвертерный цех № 1 с тремя конвертерами емкостью 130 тонн. В декабре 1969 года была получена впервые в Сибири конвертерная сталь. Производственная мощность первого конвертерного цеха была определена в 2,2 млн. т стали в год.

Одновременно шло развитие ремонтной базы и вспомогательных производств: были построены литейные и механические цехи, цех металлоконструкций, кислородный и другие. Металлургический цикл был замкнут с пуском непрерывно-заготовочного стана в 1970 году.

В 1970-1980 гг. были построены коксовые батареи 5 и 6, доменная печь 3, введены в эксплуатацию конвертерный цех № 2 с двумя 350-тонными конвертерами, среднесортный стан «450», цех изложниц, фасонно-сталелитейный цех. Была проведена реконструкция доменной печи № 1, нагревательных колодцев блюминга,

непрерывно-заготовочного стана. В конвертерном цехе № 1 была произведена замена конвертеров на 160-тонные с навесными приводами, увеличена грузоподъемность кранов до 200 тонн, заменены сталевозы и парк разливочных ковшей, от удаления шлака из-под конвертера на шлаковые поля с помощью тепловозов перешли на самоходные шлаковозы.

1.2 Характеристика кислородно-конвертерного цеха №2

Конвертерный цех №2 введен в эксплуатацию в мае 1974 года Основными технологическими агрегатами ККЦ–2 мощностью 4,2 млн т/год литой заготовки являются два кислородных конвертера (КК) емкостью по 300 т, две установки доводки металла (УДМ), один двухпозиционный АКП, сортовая МНЛЗ и машина непрерывного литья слябов (МНЛС).

Разливка стали осуществляется на:

- двух разливочных площадках в слитки развесом до 12 т;
- 8-миручьевой сортовой МНЛЗ в заготовки сечением 150 × 150 мм и 150 × 200 мм;
- двухручьевой МНЛС в слябы сечением 200, 250 × 1050–1750 мм.

В 2016–17 гг. на конвертерах № 4 и № 5 заменили корпуса конвертеров и отремонтировали их газоочистки. В 2017 г. в ККЦ–2 было произведено 3,8 млн т стали.

Цех работает 365 суток в году по двухсменному четырехбригадному непрерывному графику с 12–часовой рабочей сменой.

ККЦ–2 состоит из следующих отделений и пролетов:

- скрапное отделение;
- отделение перелива чугуна;
- конвертерное отделение;
- два пролета внепечной обработки и разливки стали в слитки;
- отделение непрерывной разливки стали (ОНРС);
- транспортно–отделочное и складское отделение;
- шлаковое отделение.

Выпуск металла из конвертеров осуществляется в сталеразливочные ковши емкостью 350 т, оборудованные шибберными затворами. Масса жидкого металла в сталеразливочном ковше – 310 т.

Выдача сталеразливочных ковшей с металлом от конвертеров производится в пролет внепечной обработки Б–В, в котором расположены УДМ и АКП, на которых осуществляется внепечная обработка стали.

Слив шлака из КК происходит в шлаковую чашу емкостью 16 м³, расположенную на шлаковой тележке. Для приема всего количества шлака на тележке размещаются 2 шлаковые чаши.

Шлаковая тележка с двумя чашами передается в пролет перестановки шлаковых чаш Е–Д для дальнейшей транспортировки чаш в шлаковое отделение.

Слитки после стрипперного отделения комбината и сортовая заготовка из ККЦ2 передаются в существующие прокатные цехи, а слябы с МНЛС – на склад в качестве товарных.

Обеспечение цеха жидким чугуном осуществляется из доменного цеха, известью – из Цеха обжига известняка, а подготовка лома – в существующем копровом цехе.

Конвертерное отделение Конвертерное отделение представляет собой многопролетное высотное здание с размерами по осям колонн: ширина - 119 м, длина - 192 м, наибольшая высота 83,25 м.

Основные пролеты отделения:

– загрузочный пролет, оборудован 2-мя уникальными высокоскоростными заливочными кранами г/п 400/100/20 т, и двумя полускоростными завалочными машинами с двумя подъемами г/п 130 т, ширина пролета 30 м;

– фурменный пролет шириной 12 м, в этом пролете работает высокоподъемный кран г/п 80 т;

– шлаковый пролет шириной 18 м, в котором работает два крана г/п 150/40 т.

В конвертерном отделении работает 2 конвертера емкостью 350 т, где методом продувки жидкого чугуна газообразным кислородом получают сталь.

Рабочий проем конвертеров огражден металлическим ограждением (шлаковая защита), предохраняющим привода конвертера и рабочую площадку от попадания выбросов шлака и брызг металла.

На рабочей площадке с фронта конвертера и со стороны слива на рельсах перемещаются экранированные тележки, с которых технологический персонал производит операции замера температуры металла, отбора проб и ремонт сталевыпускного отверстия.

На 0-ой отметке на рельсах под конвертером передвигаются два самоходных агрегата.

Шлаковоз - предназначен для уборки шлака из колеи под конвертером и транспортировки сливаемого шлака из конвертера, имеет два посадочных места под шлаковые чаши емкостью 16 м³.

Сталевоз - предназначен для транспортировки слитого металла в разливочное отделение.

Отдача в конвертер шихтовых материалов (извести, пл. шпата, руда, агломерата, доломита и т.д.) осуществляется поточно-транспортной системой - ПТС-2.

ПТС-2 симметричная, 2-х сторонняя, обеспечивает высокую надежность при выходе из строя какого-либо механизма системы конвертера и обеспечивается одной стороной без увеличения цикла плавки.

ПТС-2 состоит из 8 расходных бункеров емкостью 84 м³ с питателями, 4-х весовых бункеров с питателями, 2-х продольных конвейеров и 2-х поперечных конвейеров, 2-х промежуточных бункеров емкостью 10 м³ с шиберными затворами и 2-х течек сыпучих материалов, входящих в основание кессона котла-охладителя конвертерных газов.

Техническая характеристика конвертера

– садка конвертера, т	350
– рабочий объем, м ³	249
– удельный объем, м ³ /т	0,83
– вес футеровки, т	810
– полная высота конвертера, мм	10770

– высота рабочего объема, мм	9725
– глубина ванны, мм	2020
– скорости поворота конвертера:	
номинальная, об/мин	1,0
минимальная, об/мин	0,1

Основные части конвертера

- корпус с опорным кольцом в сборе;
- 12-двигательный привод поворота;
- опорные стойки;
- подшипниковые опоры (левая - плавающая, правая -фиксированная);
- удерживающее устройство;
- система смазки механизмов привода;
- корпус и опорное кольцо сварной конструкции.

На рисунке 1 представлен конструкция конвертера.

1.3 Конвертерное отделение

Конвертерное отделение Конвертерное отделение представляет собой многопролетное высотное здание с размерами по осям колонн: ширина - 119 м, длина - 192 м, наибольшая высота 83,25 м.

Основные пролеты отделения:

- загрузочный пролет, оборудован 2-мя уникальными высокоскоростными заливочными кранами г/п 400/100/20 т, и двумя полускоростными завалочными машинами с двумя подъемами г/п 130 т, ширина пролета 30 м;
- фурменный пролет шириной 12 м, в этом пролете работает высокоподъемный кран г/п 80 т;
- шлаковый пролет шириной 18 м, в котором работает два крана г/п 150/40 т.

В конвертерном отделении работает 2 конвертера емкостью 350 т, где методом продувки жидкого чугуна газообразным кислородом получают сталь.

Рабочий проем конвертеров огражден металлическим ограждением (шлаковая защита), предохраняющим привода конвертера и рабочую площадку от попадания выбросов шлака и брызг металла.

На рабочей площадке с фронта конвертера и со стороны слива на рельсах перемещаются экранированные тележки, с которых технологический персонал производит операции замера температуры металла, отбора проб и ремонт сталевыпускного отверстия.

На 0-ой отметке на рельсах под конвертером передвигаются два самоходных агрегата.

Шлаковоз - предназначен для уборки шлака из колеи под конвертером и транспортировки сливаемого шлака из конвертера, имеет два посадочных места под шлаковые чаши емкостью 16 м³.

Сталевоз - предназначен для транспортировки слитого металла в разливочное отделение.

Отдача в конвертер шихтовых материалов (извести, пл. шпата, руда, агломерата, доломита и т.д.) осуществляется поточно-транспортной системой - ПТС-2.

ПТС-2 симметричная, 2-х сторонняя, обеспечивает высокую надежность при выходе из строя какого-либо механизма системы конвертера и обеспечивается одной стороной без увеличения цикла плавки.

ПТС-2 состоит из 8 расходных бункеров емкостью 84 м³ с питателями, 4-х весовых бункеров с питателями, 2-х продольных конвейеров и 2-х поперечных конвейеров, 2-х промежуточных бункеров емкостью 10 м³ с шиберными затворами и 2-х течек сыпучих материалов, входящих в основание кессона котла-охладителя конвертерных газов.

Техническая характеристика конвертера

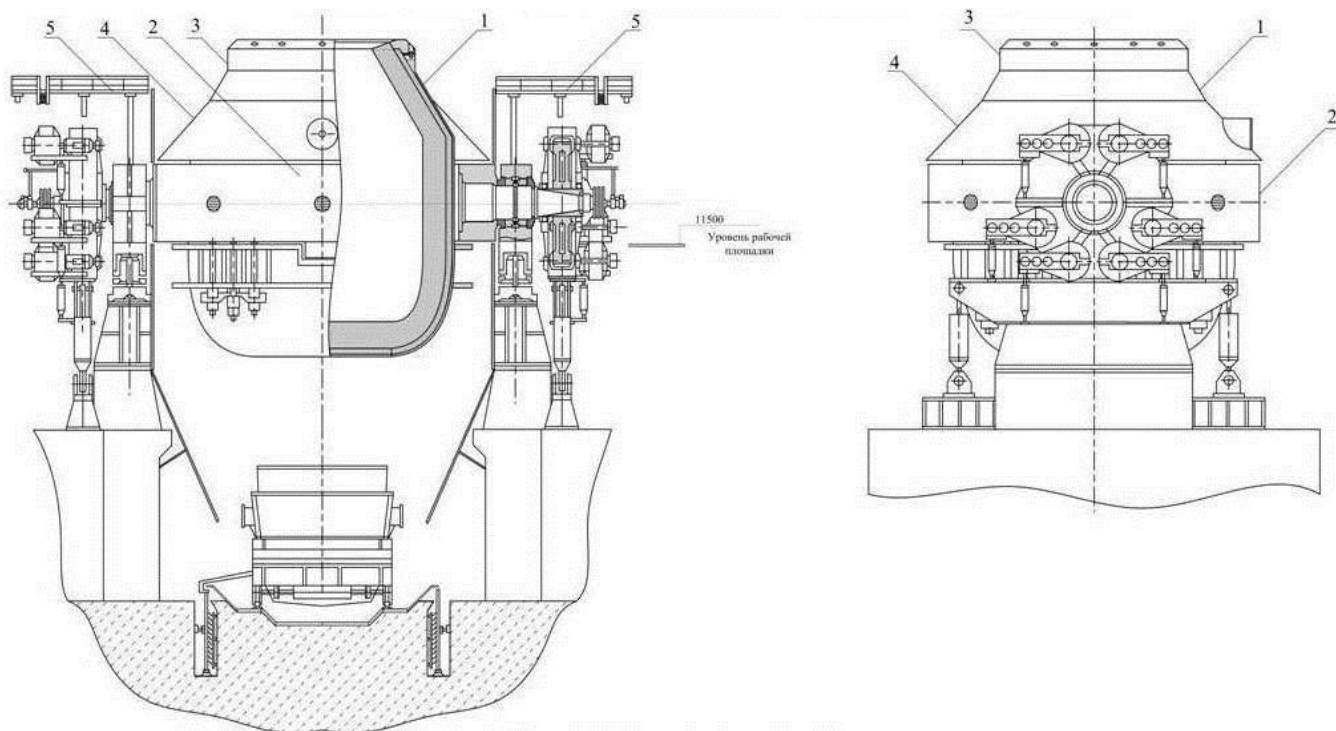
– садка конвертера, т	350
– рабочий объем, м ³	249
– удельный объем, м ³ /т	0,83
– вес футеровки, т	810
– полная высота конвертера, мм	10770

– высота рабочего объема, мм	9725
– глубина ванны, мм	2020
– скорости поворота конвертера:	
номинальная, об/мин	1,0
минимальная, об/мин	0,1

Основные части конвертера

- корпус с опорным кольцом в сборе;
- 12-двигательный привод поворота;
- опорные стойки;
- подшипниковые опоры (левая - плавающая, правая - фиксированная);
- удерживающее устройство;
- система смазки механизмов привода;
- корпус и опорное кольцо сварной конструкции.

На рисунке 1 представлен конструкция конвертера.



Обозначение поверхностей:

1,4 – наклонные поверхности, 2,3 – вертикальная поверхность, 5 – горизонтальная поверхность.

Рисунок 1 – Конструкция конвертера

Толщина стенок 80-100 мм, материал 09Г2С. Металлический корпус конвертера изнутри выложен огнеупорной футеровкой.

1.4 Отделение подготовки лома

Отделение подготовки лома представляет собой двухпролетное здание длиной 288 м, ширина пролетов 30 и 36 м.

Здание ОПЛ расположено параллельно конвертерному отделению и соединяется с ним закрытой эстакадой на уровне закрытой рабочей площадки конвертерного отделения (отметка 11,5 м), по которой перемещается электрифицированный скраповоз с защитным укрывателем ($Q = 400$ т).

ОПЛ служит для приема, сортировки, погрузки в совки и провешивания металлолома. Для этого предусмотрено 5 закромов общей площадью 1800 м².

В первом пролете работает 4 магнитно-грейферных крана $Q=15/15$ т, и два специальных крана с поворотной тележкой $Q=130$ т.

Пролет оснащен двумя платформенными весами ($Q=250$ т) со световыми табло, которые показывают, по нарастающей, вес загружаемого скрапа. Второй пролет оснащен четырьмя магнитно-грейферными кранами $Q=15/15$ т. В обоих пролетах проходят ж/д - пути, по которым в отделение подается металлолом в вагонах, обрезь блюминга в чугуновозах, подготовленный лом в совках на платформах из копрового цеха.

Передача совков из пролета в пролет осуществляется четырьмя специальными самоходными тележками $Q=180$ т каждая.

Выгрузка лома из вагонов и обрезь из чугуновозов осуществляется магнитно-грейферными кранами в совки емкостью 50 м³, либо в закрома.

Совки, загруженные в копровом цехе, снимаются с ж/д платформ поворотными кранами, разворачиваются на 90°, провешиваются на весах, догружаются до заданного веса и ставятся на скраповоз для передачи в конвертерное отделение.

1.5 Отделение перелива чугуна (ОПЧ)

Отделение перелива чугуна расположено параллельно зданию конвертерного отделения, имеет размеры: 36х25,7 м. Служит для слива чугуна, поставляемого из доменного цеха в передвижных миксерах, провешивания чугуна, замера температуры и отбора проб на хим. анализ чугуна.

Для доставки чугуна из доменного цеха используются передвижные миксера Q=420 т, (всего 12 шт.).

Чугун в цех поставляется с температурой не ниже 1380 0С и с хим. составом согласно ТУ 107-116-82:

кремний

0,50-0,80% марганец

0,40-0,80% сера

не более 0,035% фосфор

не более 0,020%

В заливочный ковш чугун сливается в строго заданном количестве по весу, регистрация веса чугуна производится автоматически с использованием локальной АСУ взвешивания чугуна. Взвешивание чугуна производится на платформенных весах Q=600 т. После слива чугуна производится замер температуры и отбор проб чугуна.

Пробы после охлаждения по пневмопочте отправляются в экспресс-лабораторию для определения хим. состава. Провешенный чугун на самоходном чугуновозе (аналоге сталевоза конвертерного отделения) по путям, расположенным в траншее передачи чугуна (отметка - 5,7 м), передается в конвертерное отделение под заливочный кран.

ОПЧ оснащен двумя платформенными весами, двумя чугуновозами, передвигающимися каждый по своим путям. Чугуновозная траншея служит для подачи чугуна из отделения перелива в заливочный пролет конвертерного отделения. Длина траншеи 75 м.

1.6 Разливочное отделение

Разливочное отделение представляет собой отдельное здание, соединенное с главным корпусом цеха двумя сталевозными галереями на отметке 0,00 м. Отделение имеет два разливочных пролета шириной 24 м, длиной 288 м.

Разливочное отделение имеет 4 разливочные площадки и оборудовано 5-ю разливочными кранами Q=45 0/100/20 т.

Длина разливочных площадок:

1 -я и 2-я площадки, м	174
3-я площадка, м	120
4-я площадка, м	108

Техническая характеристика сталеразливочного ковша:

– полезная емкость, м ³	54,3
– масса жидкого металла	до 350 т
– масса ковша с футеровкой, т	99,8
– количество затворов на ковше шт.	2
– вес кожуха ковша, т	44,4
– кожух ковша цельносварный	

После обработки металла в ковше на установке внепечной обработки (УВОС), ковш с металлом на сталевозе выдается в один из разливочных пролетов. По команде разливщика поднимается краном и транспортируется к разливочной площадке, где на шиберные затворы навешиваются гидроцилиндры дистанционного управления и ковш устанавливается так, чтобы центры коллекторов совпадали с центрами изложниц, а расстояние между ковшом и верхом изложницы не превышало 250-300 мм. С помощью установки дистанционного управления открывается один из шиберных затворов, если из первого затвора идет нормальная струя, то сразу же открывается второй. Открытие шиберного затвора производится плавно, на полструю, в течение 3-5 сек, после чего наполнение изложницы производится полной струей.

1.7 Отделение непрерывной разливки стали

Отделение непрерывной разливки стали с установкой МНЛЗ пристроено к разливочному пролету конвертерного цеха №2.

Проект разработан АО "Сибгипромет" с установкой оборудования фирмы "Даниели".

Акт о приеме в эксплуатацию 1 этапа 1 очереди четырех ручьев МНЛЗ подписан 18.05.95 г.

Состав отделения:

- участок подготовки промежуточных ковшей;
- 8-ми ручьевая машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) с газокислородной резкой заготовок, холодильником и двумя линиями отгрузки заготовки, увязанными в пакеты;
- участок автоматизированного контроля с дробеструйной очисткой заготовки и разделением их по потокам (годные, подлежащие отделке, брак);
- механизированный участок удаления дефектов заготовки (шлифовальный агрегат, агрегат вырезки дефектов);
- темплетная лаборатория, участок подготовки серных отпечатков по Бауману;
- оборотный цикл водоснабжения (насосная станция, градирни, горизонтальный водоотстойник, водонапорная башня);
- участок водоподготовки.

Кроме перечисленного оборудования для ремонта футеровки промковшей используется вспомогательное оборудование, в состав которого входят:

- оборудование для нагрева и сушки промковшей;
- стенд для ломки футеровки;
- устройство для опрокидывания промковша;
- устройство для выталкивания "стаканов";
- установка торкретирования промковшей;
- гидравлические станции управления и др. вспомогательное оборудование;

В 2011 была запущена машина непрерывного литья слябов.

Машина непрерывного литья заготовок (слябовая) предназначена для отливки слябов.

Конструкционные данные:

Металлургическая длина

Длина сляба

Интервал ширины сляба (в холодном состоянии)

Толщина сляба (в холодном состоянии) 27,355 м

6÷12 м

1050÷1750 мм

170, 200, 250 мм

Масса сляба до 41 т

Радиус 10 м

Кол-во ручьев 2

Расстояние между ручьями 6000 мм

Агрегат ковш-печь

В 2004 г был запущен агрегат ковш-печь.

Внепечная обработка стали осуществляется на двухпозиционном агрегате ковш-печь (в дальнейшем АКП), расположенном в разливочных пролётах А-Б-В в осях 21-25 над путями сталевозов А и Б. АКП предназначен для подготовки путём корректировки химического состава и температуры жидкой стали в сталеразливочном ковше к разливке в изложницы сверху и на машинах непрерывного литья. На АКП осуществляются следующие технологические операции: продувка металла инертным газом для усреднения его химического состава и температуры по объёму сталеразливочного ковша; измерение температуры, окисленности, отбор проб металла и шлака и определения толщины шлака; корректировка химического состава стали, температуры металла (включая электродуговой нагрев); десульфурация стали; микролегирование или получение металла с узкими пределами содержания элементов путём ввода порошковой проволоки с различными наполнителями; модифицирование неметаллических включений.

Техническая характеристика АКП представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика АКП

Наименование	Ед. изм.	Величина
Годовое производство	тыс. т	3800
Номинальное время работы	час/год	7680
Продолжительность обработки плавки	мин	41-51
Скорость нагрева	°С/мин	4
Расход электроэнергии	кВт·ч/т·°С	0,46
Снижение содержания серы в металле до	%	0,005

Агрегат ковш-печь включает в себя:

- помещение главного пульта управления;
- поворотный печной портал, закрепленный через поворотный венец на фундаменте;
- гидравлическую станцию, обеспечивающую работу механизмов подъема крышки, электродов и т.д.;
- статическое фильтрокомпенсирующее устройство (ФКУ), компенсирует коэффициент мощности и редуцирует гармоники до требуемого уровня. Для этого ФКУ состоит из фильтров, которые генерируют необходимую постоянную мощность. Для компенсации реактивной мощности используются конденсаторные батареи. ФКУ иницируется и подключается к печной шине 35кВ.
- печной трансформатор с короткой сетью и распределительной установкой высокого напряжения;
- бункерную эстакаду с весовой тележкой;
- стенд для наращивания электродов;
- газорегулирующую станцию;
- стенд для набора резервной фурмы;
- станцию пневмопочты;
- станцию водоподготовки;

1.8 Общевспомогательное оборудование цеха

Газоотводящий тракт конвертеров

В настоящее время в конвертерах емкостью 350 т металл продувается за 15-16 минут. Это достигается высокой интенсивностью продувки 1050-1200 м³/мин. Для обеспечения такой интенсивности продувки применена система отвода продуктов горения "без дожигания СО".

Газоотводящий тракт каждого из конвертеров состоит из следующих конструктивных узлов:

1. "Юбка" - газоплотная конструкция, экранированная трубками, надвигаемая во время продувки на горловину конвертера и служащая для ограничений подсоса воздуха в тракт.

2. Котел-охладитель, служащий для охлаждения газов с 1600°C до 1000-850°C. Состоит из стационарной части газоотвода и кессона который специальной тележкой откатывается в сторону при ремонте конвертера. Стенки охладителя трубчатые газоплотные, сваренные между собой. В узлах пропуска фурмы и течек сыпучих материалов предусмотрено уплотнение предотвращающее выбивание газов в цех и тракт сыпучих материалов.

3. Трехступенчатая газоочистка мокрого типа, состоящая из орошаемого газохода с водоохлаждаемой панелью, двух параллельно включенных прямоугольных труб-распылителей (труб Вентури), высоконапорной трубы Вентури и каплеуловителя с завихрителем.

4. Нагнетатель 7500-13-1 для эвакуации конвертерных газов производительностью 300000 м³/час при развиваемом напоре 1400 мм водного столба.

5. Устройство для дожигания окиси углерода в дымовых газах, расположенное на свече.

Нагнетатели обоих конвертеров размещены в отдельно стоящем здании 24х24м. Помещения с нагнетателями разделены между собой непроницаемой перегородкой, каждое из них обслуживается краном Q=20/5 т. специального взрывобезопасного исполнения.

Управление дымососами осуществляется с центрального пульта управления конвертерами.

Для обеспечения взрывобезопасной работы газоотводящего тракта предусмотрено:

- контроль за содержанием в отходящих газах окиси углерода с установкой газоанализаторов Фтиан-5;

- автоматическое поддержание положительного давлений под "юбкой" с механизмом поворота заслонок труб Вентури;

- подача пара в ствол свечи при аварийном прекращении продувки;

- устройство многотрубного сопла перед дожигающим устройством с целью предотвращения проскока пламени в ствол свечи;
- автоматическое управление зажиганием и тушением зажигающего устройства;
- установка взрывных предохранительных клапанов;

Электрооборудование цеха

Установленная мощность электрооборудования 76000 кВт, в том числе 16 комплексных трансформаторных подстанций (КНТП) мощностью до 1500 кВт, 2258 электродвигателей 34 тиристорных агрегата АТП мощностью 230 кВт, 7 комплексных преобразовательных подстанций КВП, 7 кранов постоянного тока. Все электрооборудование размещено в 10 электротехнических помещениях и 9 помещениях станций управления.

Транспортные средства цеха

Технологические перевозки в цехе осуществляются ж/д, автомобильным, специальным технологическим и конвейерным транспортом. Каждый тип емкости цеха имеет свое транспортное средство.

Сталевоз, шлаковоз, скраповоз, чугуновоз, передаточная тележка имеют ширину колеи 4800 мм.

Отличительной особенностью цеха является наличие большого количества кранового оборудования, грузоподъемностью до 500 т. Общее число кранового оборудования в цехе, размеренного по всем отделениям и отметкам, более 100 единиц.

Цех обслуживает 6 лифтов, в том числе 2 пассажирских и 4 грузопассажирских, 2 из них - для подъема кирпича для футеровки конвертера, 2 для обслуживания дожигающих устройств - автосвечей, 1 - для подъема в центральный пульт управления конвертером, 1 - пассажирский - для подъема на все рабочие площадки до отметки +46,00 м.

Для технологических перевозок в цехе применяются:

- автопогрузчики $Q=3,2$ т 10 шт.

– тепловоз марки ТЭМ-2	3 шт.
– ж/д платформы Q=110 т	50 шт.
– думпкары Q= 105 и 60 т	по 4 шт.

1.9 Сортамент производства стали: слитки, слябы, заготовка

В ККЦ-2 выплавляется:

– кипящая химически закупоренная сталь марок:

Ст 1 кп, 2 кп, 3 кп, 4 кп, 08 кп, 10 кп, 15 кп, 20 кп, Св 08, Св 08А, 0 кп;

– полуспокойная сталь :

Ст 3 сп, 2 сп, 3 сп, 5 сп, 5Г сп, 08 сп, 10 сп;

– спокойная углеродистая:

Ст 1 сп, 2 сп, 3 сп, 5 сп, 6 сп, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 10 тр, 20 тр, 35 тр, 45 тр, 16Д;

– низколегированная:

09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 10Г2С1, 10Г2С1Д, 10ГТ, 14Г2, 20ГС, 20ГС2, 25Г2С, 22С, 28С, 10ХСНД, 15ХСНД, 09Г2СУ, 35ГС;

– легированная:

20Г, 20Х, 30Х, 40Х, 45Х, св 08Г2С, 20Г2Р.

– МНЛЗ:

- углеродистая - Ст3сп.ТW2, Ст3сп.ЛC, Ст3сп.СS, SWRM 6К, 08Ю.mod1, 08Ю.mod2, SWRM 8К, 08.QS, 08.mod1, ST5SP-Mod/IS, 20YU;

- низколегированная, легированная - TC10165, TC10130, 09Г2С, 09Г2С.mod1, Ст3Гпс, 18Г2С 25Г2С.1, TWHС 25, Gr60.HT, AH36.TS, A572.TS, 30Г2.VHT;

– МНЛС:

- низкоуглеродистая сталь - C022, G, 1006, 08YU.JP1, CRM06;

- околуперитектическая - Q345B;

- перитектическая – 1010, C083, SC3, GA09028, J403-1010, Ст2сп.mod2;

- низкоуглеродистая - перитектическая - G.1, SPHT2, 1PS, Ст1сп.VM, 1SP.VM1;

- перитектическая – среднеуглеродистая - SS400M, SS400.DK, CG137, CS145, CG145;

- среднеуглеродистая - 52-3-1, S355J2.EVS, C362ED, 1018, 4SP.VM;

- высокоуглеродистая - 35, 45.

Разливка стали осуществляется на:

- четырех разливочных площадках в слитки развесом до 12 т;
- 8-ми ручьевой сортовой МНЛЗ в заготовки сечением 150 x 150 мм и 150 x 200 мм;
- двух ручьевой МНЛС в слябы сечением 200, 250 x 1050–1750 мм.

1.10 Принцип получения заготовки на МНЛЗ

Жидкая сталь непрерывно заливается в водоохлаждаемую форму - кристаллизатор. Перед началом заливки в кристаллизатор вводится специальное устройство с замковым захватом («затравка»), как дно для первой порции металла. После затвердевания металла затравка вытягивается из кристаллизатора, увлекая за собой формирующийся слиток. Поступление жидкого металла продолжается и слиток непрерывно наращивается. В кристаллизаторе затвердевают лишь поверхностные слои металла, образуя твёрдую оболочку слитка, сохраняющего жидкую фазу по центральной оси. Поэтому за кристаллизатором располагают зону вторичного охлаждения, называемую также второй зоной кристаллизации. В этой зоне в результате форсированного поверхностного охлаждения заготовка затвердевает по всему сечению. Этот процесс слиткообразования является способом получения слитков неограниченной длины. В этом случае по сравнению с разливкой в изложницы резко уменьшаются потери металла на обрезку концов слитков, которые, например, при литье спокойной стали составляют 15—25 %. Кроме того, благодаря непрерывности литья и кристаллизации, достигается полная равномерность структуры слитка по всей его длине.

2 Мировые практики литейно-прокатных комплексов

Совмещённые процессы непрерывного литья и прокатки становятся ключевыми для технологии производства горячекатаной полосы.

Существует несколько вариаций различных разработчиков технологических процессов ЛПК, основанных на совмещении непрерывной разливки слэбов тонкого сечения и пропуска через прокатные клетки. Приведем некоторые из них:

- CSP – Compact Strip Production (Компактное производство полосы);
- ISP – In-Line Strip Production (Поточное производство полосы);
- CONROL – Continuous Thin Slab Casting and Rolling Tehnology (Непрерывная разливка тонких слэбов и прокатки);
- QSP – Quality Strip Prodction (Производство качественной полосы);
- FTSR – Flexible Thin Slab Rolling (гибкий процесс прокатки тонких слэбов);
- ESP – Endless Strip Production (бесконечное производство полосы);
- DUE – Danieli Universal Endless (универсальное бесконечное производство полосы Даниэли). (8,11)

2.1 Распределение ЛПК в мировой металлургии

Жидкая сталь непрерывно заливается в водоохлаждаемую форму - кристаллизатор. Технологии совмещенного процесса (ЛПК) среди мировых производителей рассредоточены следующим образом:

В авангарде по производству рулонного проката по совмещенному процессу являются Соединенные штаты америки и Китай – при загрузке всех линий их производительность составляет в номинале 30 и 42 млн тн соответственно и суммарной производительности по странам приведено на рисунке 2.

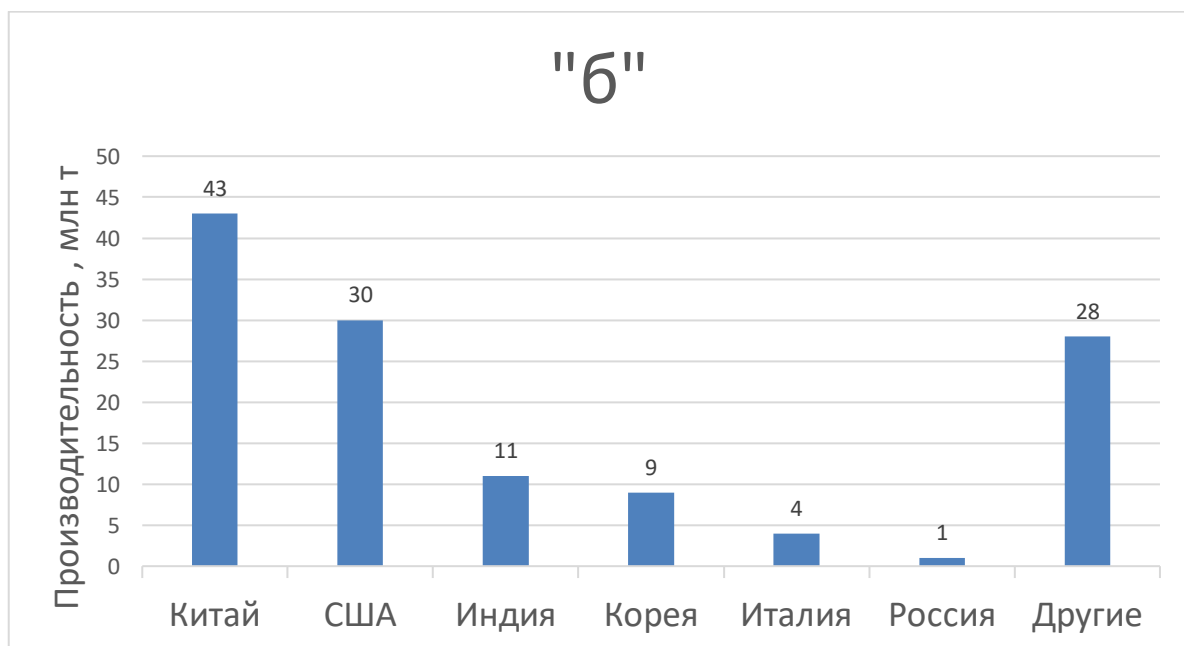
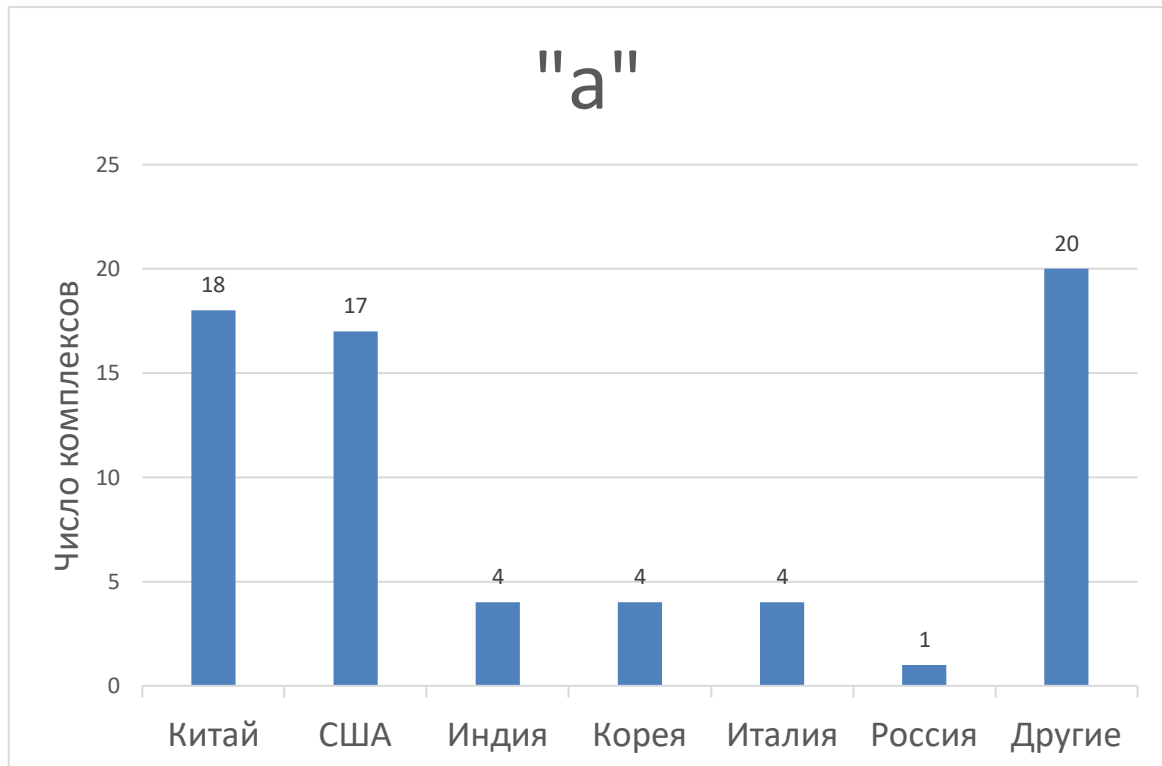


Рисунок 2. – Распределение ЛПК и их суммарной производительности по странам.

В Китае по состоянию на апрель 2018 г. работают 18 линий и 32 тонкослябовых машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ). Последняя линия запущена в апреле 2018 г. на заводе Rizhao Steel. К концу 2018 г. планируется запуск еще двух линий.

Первый ЛПК в Китае построен в 1999 г. на заводе Zhupang Steel. В США первый ЛПК запущен в 1989 г., всего установлено 17 комплексов и 25 МНЛЗ. Последним в декабре 2016 г. запущен ЛПК на заводе Big River Steel (9).

В России производится всего чуть более 1% мирового объема на единственном в стране литейно-прокатном комплексе, находящемся на Выксунском металлургическом заводе (введен в эксплуатацию в 2008 году. С каждым годом производство на этом предприятии растет и в 2016 г. превысило проектную величину (1,2 млн т), а в 2017 г. произведено 1,29 млн т рулонного проката, данные представлены на рисунке 3.

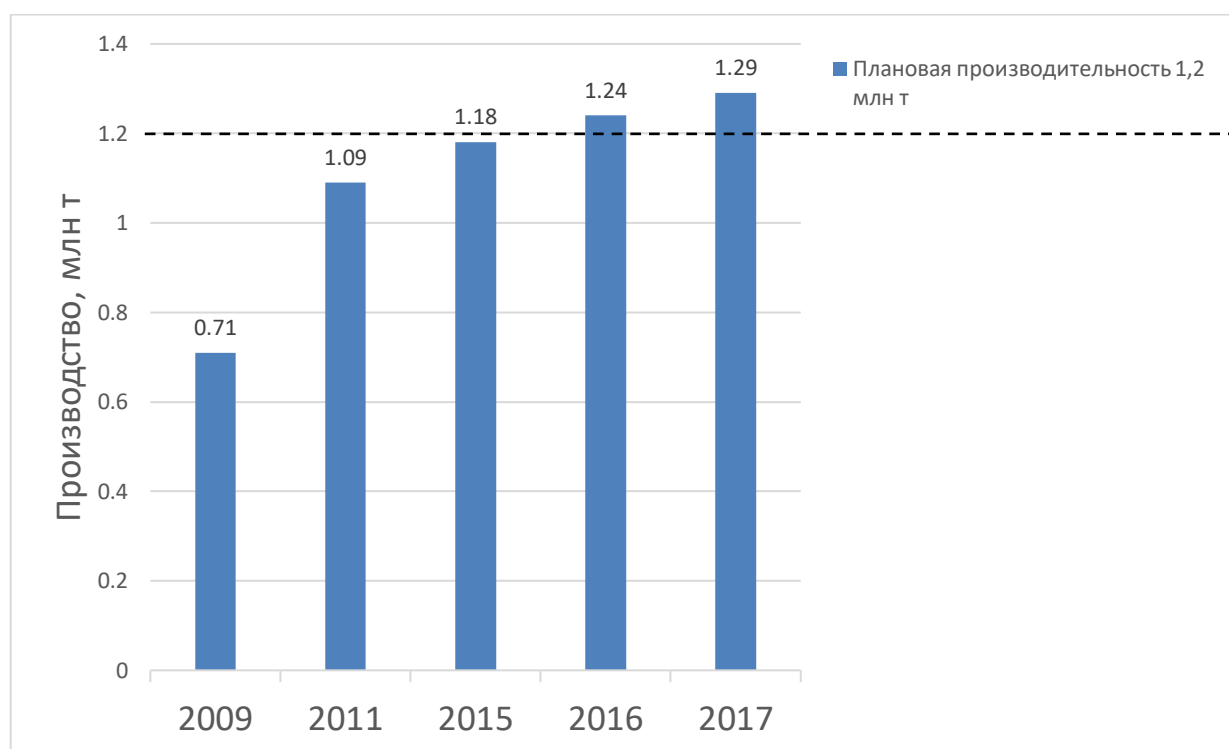


Рисунок 3. – Объёмы производства рулонного проката на Литейно-прокатном комплексе ВМЗ.

В апреле 2018 г. на заводе произведена десятиmillionная тонна рулонного проката с момента запуска.

Интерес к совмещенному процессу и нашей стране большой, по этой проблеме опубликован ряд обзорных, теоретических и практических работ. (1-16). В целом в

России на непрерывных широкополосных станах производится около 20...25 млн т горячекатаных рулонов, и в будущем интерес к технологии производства по совмещенному процессу может возрастать. В качестве одной из причин перехода на использование ЛПК отмечается (2), также возможность значительного сокращения числа переделов: уход от классической схемы производства (аглофабрика - коксовое производство - доменная печь – конвертер - непрерывная разливка - непрерывный стан горячей прокатки) к более короткой схеме (дуговая сталеплавильная печь - литейно-прокатный комплекс) В качестве сырья для выплавки могут применяться металлолом и железо прямого восстановления. По данным компании Midrex, разработчиков оборудования для одного из способов прямого восстановления железа, объем использования данного сырья в период 2013-2016 гг. достиг уровня 72....75 млн т в год (18) и его доля, вероятно, будет расти.

2.2 Развитие технологий литейно-прокатного комплекса

30 лет развития эта технология прошла эволюционное развитие - от первой технологии CSP до линий бесконечной прокатки. Подробно компоновки оборудования рассмотрены в работах российских авторов (10.11), поэтому остановимся только на основных схемах. В работе (8) выделяют три поколения ЛПК. Однако при составлении данной классификации акцент сделан на производстве тонкой полосы, поэтому ниже отдельно выделено два дополнительных варианта технологических линий, которые оказали заметное влияние на развитие этих комплексов.

Комплексы первого (I) поколения реализуют прокатку полосы «штука за штукой», т.е. после разливки на тонкослябовой МНЛЗ слябы толщиной 50...70 мм режутся на мерные длины (как правило, 20...60 м) и последовательно задаются в прокатный стан. По такой схеме работает большинство комплексов в мире, в целом она очень похожа на процесс прокатки на традиционном широкополосном стане. Типичным сортаментом для таких комплексов является стальная полоса толщиной 2...6 мм и шириной 1000... 1800 мм.

Потребность в расширении сортамента способствовала внесению изменений в конструкцию и технологический процесс. Например, литено-прокатный комплекс в Выксе можно отнести к усовершенствованному первому поколению (I+). На этом ЛПК увеличена толщина сляба до 90 мм и добавлены черновые клетки. Это позволило реализовать принципы термомеханической обработки на ЛПК, а следовательно, расширить сортамент, включающий полосы большей толщины (до 12,7 мм) и из сталей трубных марок (для применения в арктических условиях).

ЛПК второго (II) поколения реализуют полубесконечный процесс, при котором на выходе из МНАЗ отрезается длинный сляб (200...300 м, в зависимости от длины туннельной печи). Далее сляб задают в прокатный стан, а после прокатки порезка полос осуществляется непосредственно перед смоткой в рулон. Используя такой принцип, удалось повысить качество и производственные показатели при изготовлении полос толщиной менее 2 мм путем уменьшения количества захватов в валки и выходов из валков прокатываемой полосы.

ЛПК третьего (III) поколения предназначены для бесконечного производства полосы. Это означает, что сляб поступает без порезки на мерные длины сразу в клетки прокатного стана. При этом может полностью отсутствовать туннельная печь. Прокатка в таком случае проводится при очень низкой скорости, поэтому целесообразно производить по такой схеме тонкий рулонный прокат. По мнению большинства специалистов, бесконечное производство перспективно и для производства горячекатаной полосы, которое уже сейчас воплощено в промышленных масштабах (8).

Реализация данной схемы позволила дополнительно повысить стабильность прокатки тонких полос, что, в свою очередь, позволило освоить массовое производство горячекатаной полосы размерами 0,8x1500 мм и даже получить первый в мире горячекатаным рулон толщиной 0,7 мм (19).

Процесс бесконечной прокатки полосы реализован несколькими фирмами-производителями оборудования. Первыми в феврале 2009 г. линию ESP запустили совместно компании Arvedi и Siemens VAI (сейчас Primctals) в Италии, позже, в 2014-2015 гг. запущены еще три линии ESP на заводе Rizhao в Китае, а последняя линия в апреле 2018 г, также на заводе Rizhao (19). В мае 2009 г. бесконечная прокатка также была реализована в Корее на заводе компании POSCO (13). Линия получила название SEM. Над строительством этой линии работали компании Mannesmann Demag, Danieli, SMS, однако компания POSCO самостоятельно провела большую часть модернизации для обеспечения бесконечного процесса, поэтому позиционирует ее как собственную разработку. На линии SEM достигнут мировой рекорд по скорости разлива тонких слэбов - 8 м/мин.

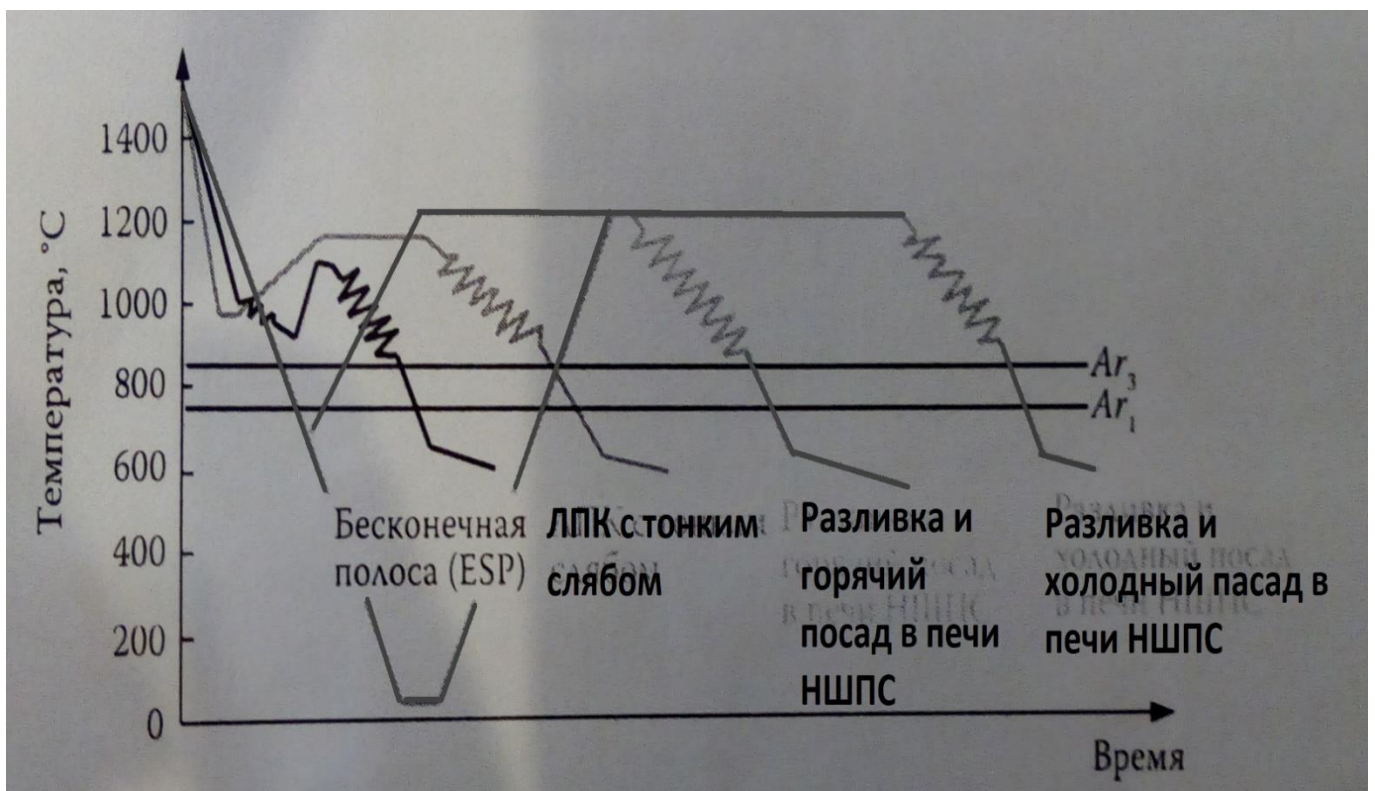


Рисунок 4. – Изменение среднemasовой температуры при прокатке по разным схемам

На рисунке 4 представлено сравнение циклов наиболее распространенных процессов производства горячекатаной полосы на литейно-прокатных комплексах и непрерывных широкополосных станах (НШПС) (21). Наблюдается тенденция к значительному снижению времени цикла производства, а следовательно, операционных затрат на тонну готовой продукции. При этом процесс бесконечного производства значительно выигрывает по времени и по сравнению с процессом на ЛПК по схеме прокатки «штука за штукой». Внедрение технологии бесконечной прокатки (ESP) на заводе Rizhao Steel позволило установить мировой рекорд по объему производства полосы толщиной 0,8,..1,2 мм, что составило 57% общего объема производства комплекса, рисунок 5.

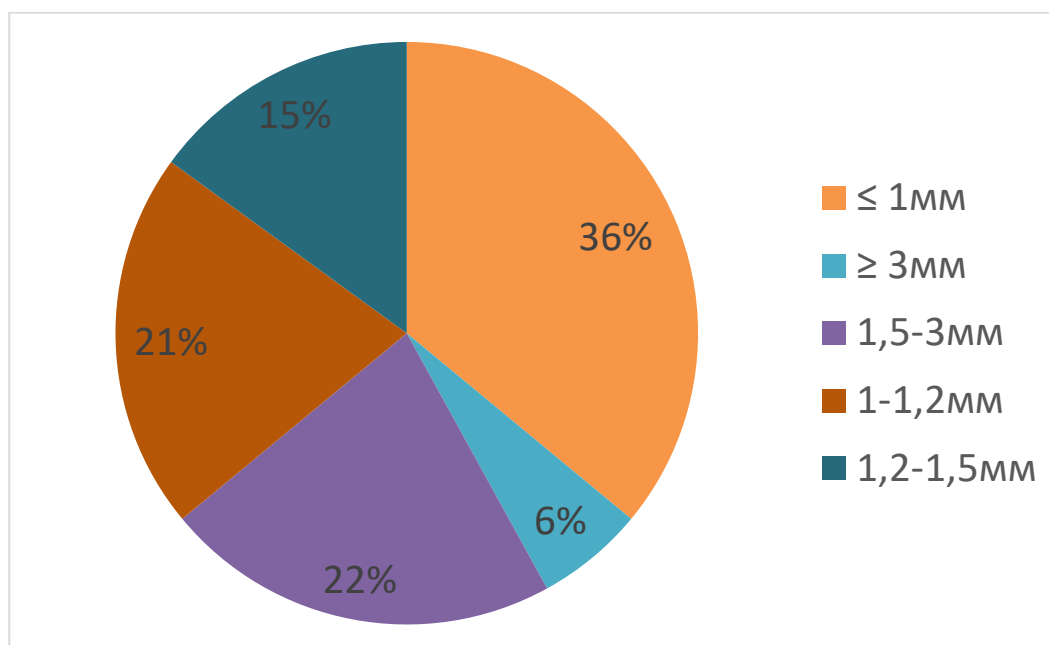
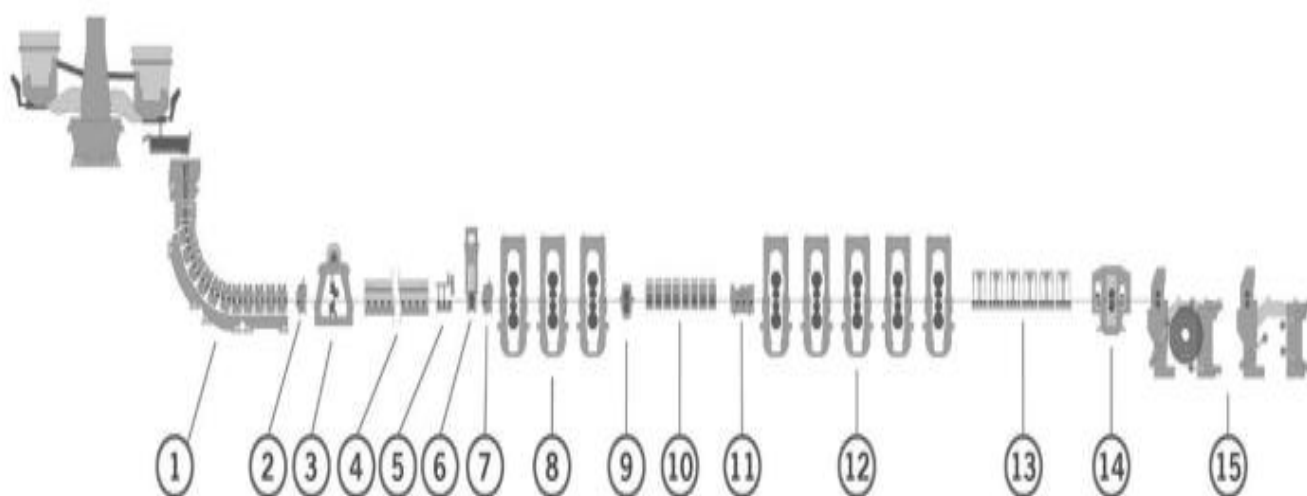


Рисунок 5. – Распределение толщин рулонного проката при производстве на ESP завода Rizhao Steel (20)

К усовершенствованному третьему поколению (III+) можно отнести предложение компании Danieli по реализации универсального ЛПК (DUE) (22), представленного на рисунке 6. Предложенные технические решения в первую очередь позволили выбирать между бесконечным режимом и режимом «штука за штукой», а также производить как сверхтонкие полосы (от 0,8 мм), так и полосы

большей толщины (6...12 мм). А увеличение толщины сляба до 110 мм способствует возможности производства качественной полосы толщиной до 16 или даже 25 мм. В 2018 г. планируется завершить строительство такого литейно-прокатного комплекса на заводе Shougang в Китае. Данный вариант конфигурации ЛПК можно рассматривать как следующий шаг после ESP, и его следует считать ЛПК третьего поколения.



1. Криволинейная МНЛЗ;
2. Окалиноломатель;
3. Делительные ножницы;
4. Туннельная печь;
5. Газовый резак;
6. Эджер;
7. Окалиноломатель;
8. Клетки высокого обжатия;
9. Торцевые ножницы;
10. Индукционный нагрев;
11. Интенсивное охлаждение + окалиноломатель;
12. Чистовые клетки;
13. Ламинарное охлаждение;
14. Высокоскоростные ножницы;
15. Подпольные моталки.

Рисунок 6. – Универсальная схема бесконечного и поштучного производства полосы DUE компании Danieli

В таблице 1 представлен анализ, который позволяет сделать качественное сравнение поколений ЛПК при производстве полос различной толщины.

Таблица 1. – Сравнение поколений литейно-прокатных комплексов

Характеристика	Поколение ЛПК				
	I	I+	II	III	III+
	Тип процесса				
	Штука за штукой	Штука за штукой	Полубесконечный	Бесконечный	Бесконечный +штука за штукой
Толщина сляба, мм	50...70	70...90	50...70	80...100	110
Число черновых клетей	нет	Одна-две	нет	три	три
Толщина полосы, мм	Приспособленность к производству				
0,8...1,2	Плохая	Плохая	Нормальная	Отличная	Отличная
1,3...2	Нормальная	Нормальная	Хорошая	Отличная	Отличная
2...6	Отличная	Отличная	Отличная	Отличная	Отличная
6...12	Нормальная	Отличная	Нормальная	Плохая	Отличная
12...16	Плохая	Нормальная	Плохая	Плохая	хорошая
16...25	Плохая	Плохая	Плохая	Плохая	Нормальная

2.3 Развитие ЛПК на расширение сортамента

Совмещенный процесс на ЛПК в отличие от традиционной прокатки на НШПС сопряжен с трудностями производства ряда позиций сортамента. Однако мировой опыт показал, что на ЛПК можно производить широкий спектр продукции, представленный на рисунке 7.

Самыми первыми были освоены рядовые конструкционные марки стали (низко- и среднеуглеродистые), позже - более сложные стали: трубные для применения в арктических условиях (X65, X70), двухфазные (DP600, DP800) и многофазные (CP800, CP1000), кремнистые, нержавеющие и другие.



Рисунок 7. – История освоения производства проката из стали различных марок на литейно-прокатных комплексах (8)

В частности, на ЛПК в России освоена технология производства полосы из стали трубных марок: для арктических условий (15), тонкий прокат толщиной от 1 мм, конструкционные, среднеуглеродистые стали и другие. При этом задача

расширения марочного сортамента, а также разработка и совершенствование технологии их производства на литейно-прокатных комплексах с различной конфигурацией оборудования, остается актуальной задачей.

Перспективность разработки технологии и производства тех или иных позиций сортамента в значительной мере зависит от их добавленной стоимости, представленной на рисунке 8.

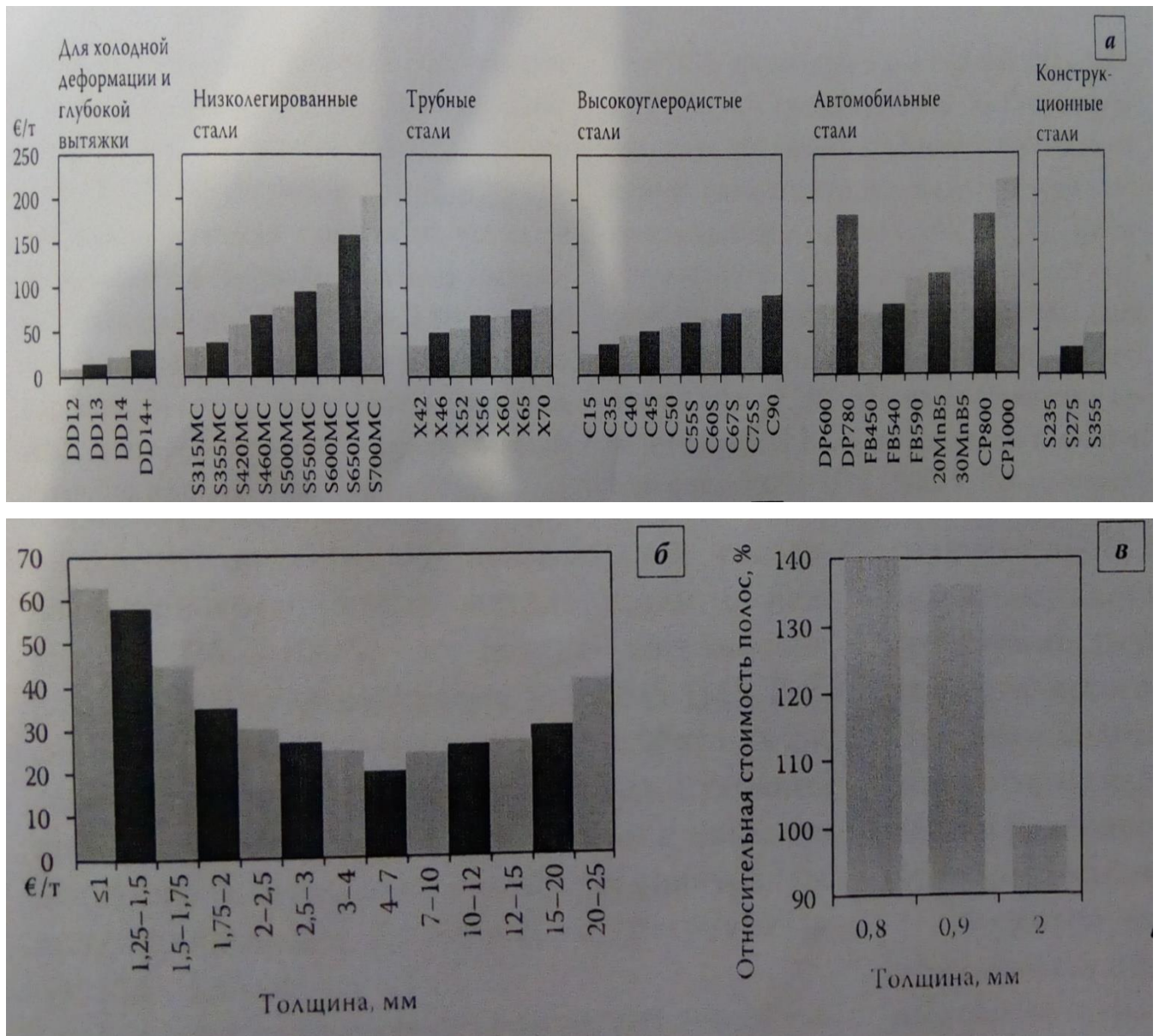


Рисунок 8. – Сравнение добавленной стоимости сталей различного назначения «а» (22), проката различной толщины «б», сравнение стоимости тонких полос 0,8...12мм «в» (19)

Стандартные конструкционные стали заметно проигрывают по добавленной стоимости трубным и высокоуглеродистым сталям, а также низколегированным (HSLA) и автомобильным (AHSS) сталям. Безусловно, производство высоко маржинальной продукции зачастую значительно меньше в объеме, поэтому ЛПК должны быть достаточно гибкими, чтобы соответствовать текущим потребностям рынка. С другой стороны, на добавленную стоимость значительно влияет толщина полосы. Как видно из рис. 7б, самую высокую добавленную стоимость имеют полосы толщиной менее 1,5 мм. Схожие данные приведены также в докладе Primetals, рисунок 8в (19). Высокое качество и показатели при производстве такой продукции реализуются при бесконечном производстве полосы.

Ниже приведены примеры производства с использованием ряда марок стали на литейно-прокатных комплексах различных стран, таблица 2 (24-38). По химическому составу сталей наиболее важным является то, что стали производятся в широком диапазоне содержания углерода - от 0,005 до 0,8%, а также могут содержать такие легирующие элементы, как марганец, кремний, хром, никель, молибден, медь и микролегирующие - ниобий, ванадий, титан, бор и другие.

Таблица 2. – Химические составы сталей

Сталь	Содержание элементов, мас. %											
	C	Mn	Si	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Al	Ti	B
Silikon [31]	≤0.006	0.20...0.50	0.80...1.40	-	-	-	-	-	-	0,30... 0,50	-	-
S700MC [18]	0,051	0,96	0,27	0,25	0,19	0,49	-	-	-	-	0,104	-
X70 [19]	0,06	1,6	0,3	0,30	0,30	0,30	-	0,06	0,03	0,045	0,012	-
HSLA [17]	0,051... 0,065	0,69... 1,38	0,03... 0,21	-	-	-	-	0,013... 0,026	0...0,05	-	-	-
DP600 [20]	0,05... 0,08	1,0...1,5	0,1...0,4	-	-	0,2...0,5	-	-	-	-	-	-
TRIP600 [21]	0,199	1,55	1,53	-	-	-	-	-	-	0,003	-	-
22MnB5 [22]	0,22	1,27	0,26	-	-	0,28	-	0,02	-	0,038	0,029	0,0027
30MnB5 [23]	0,3	1,2	0,383	-	-	-	-	0,032	-	0,033	-	0,0028
30CrMo [27]	0,3	0,60	0,25	-	-	0,9	0,16	-	-	0,03	-	-
45Mn [28]	0,47	0,9	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50CrV4 [29]	0,47...0,54	0,50...0,80	0,17...0,37	-	-	0,8...1,1	-	-	0,1... 0,2	-	-	-
50Mn2V [29]	0,47...0,55	1,4...1,8	0,17...0,37	-	-	-	-	-	0,08... 0,16	-	-	-
S50C [27]	0,50	0,65	0,20	-	-	0,18	-	-	-	0,03	-	-
52Mn [28]	0,52	0,6	0,23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
65Mn [27-29]	0,62...0,70	0,9...1,2	0,17...0,37	-	-	≤0.3	-	-	-	-	-	-
75Cr1 [27]	0,75	0,8	0,3	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
SKS51 [30]	0,8	0,4	0,25	-	1,4	0,4	-	-	-	-	-	-

Значительную долю производства составляют конструкционные мягкие стали с низким (0,026...0,070%) и иногда сверхнизким (0,005...0,024%) содержанием углерода (23), Российскими аналогами являются стали 08пс или 2пс со сниженным содержанием углерода. Рулонный прокат из таких сталей востребован в широком диапазоне толщин, однако наиболее конкурентная продукция тонких (1,5...3,0 мм) и сверхтонких полос (0,8...1,4 мм).

Другую группу низкоуглеродистых сталей составляют низколегированные и, как правило, микролегированные стали повышенной и высокой прочности. К ним относятся конструкционные стали HSLA различных классов прочности (24), автомобильные стали (25) и стали для производства нефтегазовых труб (26). Отмечается, что особую сложность представляет обеспечение доли вязкой составляющей при испытаниях падающим грузом трубных сталей. Проблемы обусловлены литой структурой на входе в стан горячей прокатки и меньшим суммарным обжатием по сравнению с традиционными НШПС. Не всегда получается за счет рекристаллизации в процессе термомеханической обработки в достаточной степени измельчить исходные дендритные зерна. Однако это становится возможным при использовании правильного состава оборудования прокатного стана, а также тонкой настройки ЛПК за счет применения передовых методов моделирования структурного состояния с тали (15).

Отдельно стоит выделить низкоуглеродистые стали, предназначенные для производства двухфазных сталей, например, DP600. Отличительной особенностью стали, приведенной в работе (27), является повышенное содержание хрома - 0,2.0,5%. Стали TRIP600, предложенные в работе (21), содержат 1,53% кремния.

Отмечается, что одно из самых перспективных направлений — это стали типа 22МпВ5 (20МпИ5,30МпВ5), а также аналоги - WHi 1500 и WHF1800, применяемые для горячей штамповки (8). Ряд работ, представленных на Симпозиуме, был посвящен именно этой теме, в частности замене

холоднокатаного проката на горячекатаный, произведенный в условиях ЛПК (29-33). При горячей прокатке таких сталей формируется классическая ферритно-перлитная структура, далее при штамповке производят закалку непосредственно в штампе. Это становится возможным из-за небольшой (1,2...2,0 мм) толщины и добавок бора в количестве 0,002...0,005%. Использование горячекатаного проката этих марок стали взамен холоднокатаного позволяет значительно снизить себестоимость готовой продукции и влияние металлургического процесса на окружающую среду. При этом силовые элементы кузовов автомобилей, которые изготавливают из данного горячекатаного рулонного проката, не уступают аналогам из холоднокатаного проката.

Несмотря на то, что совмещенный процесс применяется преимущественно для изготовления проката из низкоуглеродистых сталей, существует ряд производителей, которые имеют в своем портфеле стали с содержанием углерода 0,3% и выше. При этом они могут быть дополнительно легированы хромом, молибденом, марганцем, ванадием. В работах (34-36) представлен опыт производства проката из сталей 30CrMo (российский аналог 30ХМ), 45Mn (45Г), 50CrV4 (50ХФА), 50Mn2V (50Г2Ф), S50C (Ст.50), 52Mn (52Г), 65Mn (65Г) и даже 75Cr1 (75Х). В работе (37) представлен опыт производства проката из инструментальной стали SKS51 с содержанием углерода 0,8% и никеля 1,4%.

Внимания заслуживают кремнистые электро-технические стали со сверхнизким содержанием углерода (не более 0,006%) и повышенным содержанием кремния до 3,4% (24-25), технология производства которых разработана и освоена на ряде литейно-прокатных комплексов в мире.

– двухпозиционная УВС камерного типа.

Вся сталь, поступающая на ЛПК, будет подвергаться обработке в АКП. На УВС обрабатывается не более 25 % марок сталей заданного объема производства.

Схема модернизации ККЦ-2 приведена на рисунке 9.

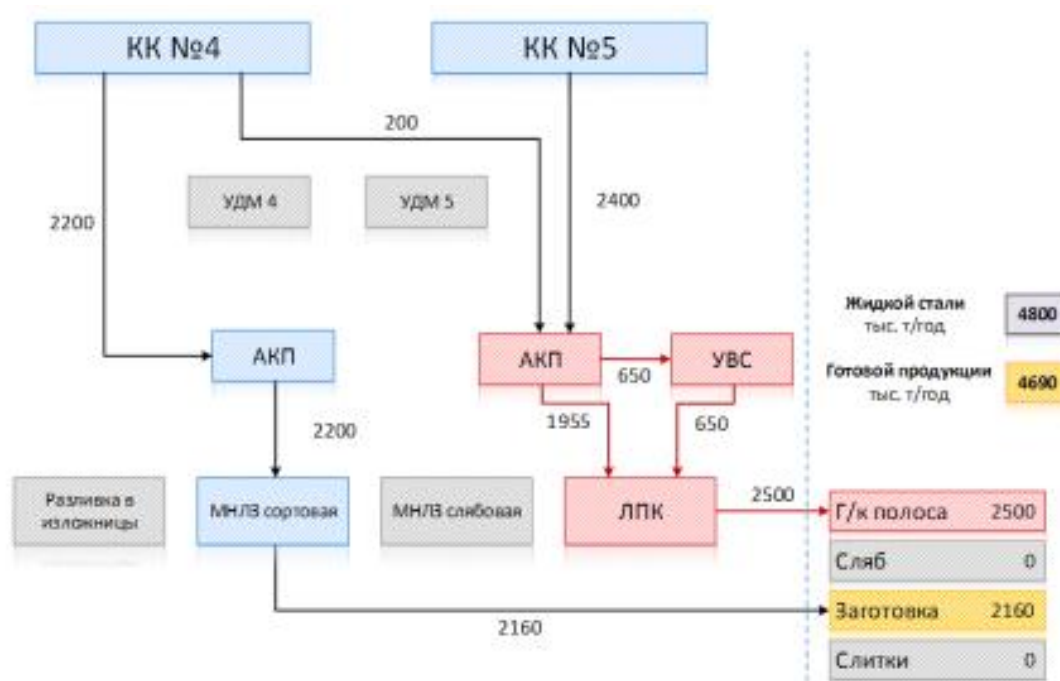


Рисунок 9. – Схема модернизации ККЦ-2

Для ЛПК должно быть предусмотрено:

- строительство новой опорной электрической подстанции 220/10 кВ, в отдельно стоящем здании;

- новой станции водоподготовки;

- новой компрессорной станции для обеспечения ЛПК сжатым воздухом.

ЛПК предусматривается из двух сопряженных зданий:

- отделение непрерывной разливки стали;

- здание прокатного цеха.

Здание прокатного цеха, вальцешлифовального участка и участка поперечной и продольной резки листов отапливаемое, необходимо предусмотреть локальную систему обогрева (возможно применение газовых

инфракрасных обогревателей), температура в цехе не должна опускаться ниже «+5⁰С», участок складирования готовых г/к рулонов и участок тоннельной печи не отапливаемые. Отделение непрерывной разливки – неотапливаемое. Требования по температурному режиму и чистоте воздуха встроенных помещений, должны соответствовать требованиям по размещаемому в них оборудованию, требованиям СНиП для помещений с постоянным нахождением персонала.

Оборудование должно отвечать мероприятия по охране труда и технике безопасности, требования по питьевому режиму, требования по размещению санитарно-гигиенических сооружений и устройств (туалеты, умывальники) в соответствии с нормативами, принятыми в РФ.

В составе ЛПК необходимо предусмотреть вальцешлифовальную мастерскую, ЭТП, помещения гидравлики, линия правки и резки, пролёт подготовки составов и хранения реквизита, распределительную подстанцию 10 кВ и прочие производственные помещения.

Варианты расположения ЛПК №№ 1,2,3 (ЛНПП) в ситуационном плане и на планировке цеха ККЦ-2 представлены в приложениях 1-6.

3.1 Характеристики готовой продукции. Сортамент.

Сортамент главным образом сориентирован на выпуск рулонного листового проката, в соответствии с требованиями отечественных и зарубежных стандартов.

Рулонный прокат изготавливают с необрезной кромкой. Рулонный прокат может производиться с использованием термомеханической прокатки, в том числе с ускоренным охлаждением.

Основные параметры г/к проката в рулонах следующие:

- толщина полосы 0,8–25,4 мм;
- ширина полосы 900–1830 мм;
- внутренний диаметр рулона 762/850 мм;
- наружный диаметр рулона до 2100 мм;

□ масса рулона до 32 т.

Требования размерному сортаменту и рулонам должны соответствовать ГОСТ 19903–2015.

Свойства готовой металлопродукции должны соответствовать требованиям технических условий на конкретный вид горячекатаного проката, например: ГОСТ 14637–89 или ГОСТ 1577- 93 для толщины 4–25,4 мм; ГОСТ 16523–97 для толщины 0,8–3,9 мм; ГОСТ 19281-2014;

В таблице 3 приведены ключевые стали, с информацией по стандартам на хим. состав, группе стали, объему производства и типичному применению г/к проката. Группы стали обозначены, исходя из содержания углерода и сложности хим. состава. Марки сталей приведены в порядке убывания предполагаемого объема производства.

В таблице 4 приведен ориентировочный объем производства г/к проката, в рулонах, в зависимости от размерного сортамента.

Анализ исходных данных показывает, что самое массовое производство г/к проката планируется из стали марки СтЗсп - при бл. 1500 тонн/год (в т.ч. 1000 тонн на экспорт). Порядка 2000 тыс. тонн г/к проката планируется производить из низкоуглеродистых сталей обычного качества СтЗ – Ст1 и качественных 08пс, 08Ю, 10, 20. Объем перетектических сталей составляет порядка 500 тыс. тонн. Сталей по назначению для трубной отрасли и одновременно для др. отраслей насчитывается порядка 2100 тыс. тонн.

Особое внимание следует уделить размерно-марочному сортаменту г/к проката для изготовления магистральных сварных труб различных классов прочности от К34 до К60 в соответствии с требованиями отечественных и зарубежных стандартов (ГОСТ 20295-85, ГОСТ Р 52079-2003, ГОСТ

Р ИСО 3183–1-2007, ГОСТ Р ИСО 3183–2-2007, ГОСТ Р ИСО 3183–3-2007, DNV OS F101 и API 5L). Ширина г/к проката 1830 мм позволит применение для прямошовных труб среднего диаметра (до 530 мм) и спиральношовных труб большого диаметра (до 1420мм).

Таблица 3. - Группы сталей г/к проката, ориентировочный объем производства по маркам стали и применение

Ключевая марка стали	Стандарт	Производство, тыс. т/год	Класс стали	Применение
Ст1 сп - Ст3сп / пс	ГОСТ 380-2005	1000	Сталь конструкционная низкоуглеродистая обыкновенного качества	Несущие элементы сварных и несварных конструкций и деталей, работающих при положительных температурах. Для водогазопроводных труб, нефтесервисных и конструкционных труб, труб общего назначения.
08пс 08Ю	ГОСТ 1050-2013 ГОСТ 9045-93	300	Сталь конструкционная низкоуглеродистая качественная.	Для прокладок, шайб, вилок, труб, а также деталей, подвергаемых химико-термической обработке – втулок, проушин, тяг. Детали, изготавливаемые холодной штамповкой с особо сложной и сложной вытяжкой.
09Г2С	ГОСТ 19281-2014	256	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Различные детали и элементы сварных металлоконструкций, работающих при температуре от минус 70 до 425 °С под давлением. Для водогазопроводных труб, конструкционных труб и труб общего назначения.
20	ГОСТ 1050-2013	154	Сталь конструкционная низкоуглеродистая качественная	Трубы перегревателей, коллекторов и трубопроводов котлов высокого давления, листы для штампованных деталей, цементируемые детали для длительной и весьма длительной службы при температурах до 350 °С
22ГЮ	ГОСТ 10705-80 ТУ 14-159-247-94	133	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Изготовление электросварных прямошовных труб диаметром 10–530 мм, применяемых для трубопроводов и конструкций различного назначения. Изготовление электросварных холоднотянутых труб для цельных цилиндров скважинных штанговых насосов.
17Г1С-У		127	Сталь конструкционная низкоуглеродистая	Для производства листового проката для изготовления электросварных труб для

Ключевая марка стали	Стандарт	Производство, тыс. т/год	Класс стали	Применение
	ГОСТ 19281-2014		нелегированная качественная	магистральных газонефтепроводов повышенной коррозионной стойкости.
25ГЮ	СТО 001862 17-010-08	16	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Изготовление электросварных прямошовных труб диаметром 10–530 мм, применяемых для трубопроводов и конструкций различного назначения. Изготовление электросварных холодотянутых труб для цельных цилиндров скважинных штанговых насосов.
10ХСНД	ГОСТ 19281-2014 ГОСТ 6713-91	15	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от минус 70 до 450 °С. Для водогазопроводных труб. Мостовые конструкции обычного и северного исполнения.
17Г1С	ГОСТ 19281-2014	57	Сталь конструкционная низкоуглеродистая нелегированная качественная кремнемарганцовистая	Для сварных деталей, работающих под давлением при температуре от минус 40 до 475 °С. Для водогазопроводных труб, конструкционных труб и труб общего назначения.
С345	ГОСТ 27772-2015	57	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Для строительных стальных конструкций со сварными и другими соединениями.
20ГЮТ	ТУ 14-1-4632-93 ТУ 14-1-3839-84	56	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Для изготовления сварных тяжело нагруженных рамных конструкций; лонжеронов рам грузовых автомобилей.

Ключевая марка стали	Стандарт	Производство, тыс. т/год	Класс стали	Применение
45	ГОСТ 1050-2013	55	Сталь конструкционная среднеуглеродистая качественная	Нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.
09ГСФ	ТУ 1468-018-481240 13-2003	105	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Для изготовления трубной заготовки и труб бесшовных горячедеформированных нефтегазопроводных повышенной коррозионной стойкости и хладостойкости.
S355MC-S500 MC	EN 10149-2	105	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Листовой горячекатаный прокат из стали с высоким пределом текучести для формоизменения в холодном состоянии.
15ХСНД	ГОСТ 19281-2014	53	Сталь конструкционная низколегированная для сварных конструкций и труб	Элементы сварных металлоконструкций и различные детали, к которым предъявляются требования повышенной прочности и коррозионной стойкости с ограничением массы и работающие при температуре от минус 70 до 450°С. Для водогазопроводных труб.

Таблица 4. - Ориентировочный объем производства г/к проката, по размерному сортаменту, тыс. т/год

Толщина, мм	Ширина, мм							Всего, тыс. т	%
	>950 ≤1100	>1100 ≤1300	>1300 ≤1400	>1400 ≤1500	>1500 ≤1600	>1600 ≤1700	>1700 ≤1850		
0,8 ≤1,2	55	55	5	5	0	0	0	120	5
>1,2 ≤1,5	70	70	20	20	10	0	0	190	8
>1,5 ≤1,8	25	83	20	10	10	0	0	148	6
>1,8 ≤2	24	109	19	10	10	10	0	182	7
>2 ≤2,5	47	78	31	32	20	20	20	248	10
>2,5 ≤3	45	89	32	36	38	30	20	290	12
>3 ≤4	40	155	26	31	38	20	20	330	13
>4 ≤6	31	60	12	40	103	20	20	285	11
>6 ≤10	35	164	16	33	133	30	17	427	17
>10 ≤13	12	15	12	15	142	18	13	227	9
>13 ≤16	17	3	1	2	22	8	2	55	2
Всего, тыс. т	401	881	193	233	525	156	112	2500	
%	16	35	8	9	21	6	4		100

Примечание:

Толщина: 0,8≤1,19 мм – опционально

Толщина: 16,0...25,4 мм – опционально

Ширина: 1701...1850 мм – опционально

3.2 Предварительные технические решения

3.2.1 Расчет производительности литейно-прокатного комплекса

В настоящее время вся сталь, выплавляемая в ККЦ-2, обрабатывается на установках доводки металла (УДМ). После сооружения нового АКП необходимость обработки на УДМ отпадает, так как два АКП позволяют обеспечить внепечную обработку всей стали.

Технологические схемы работы ККЦ-2 при производстве тонкого листа в ЛПК в зависимости от марочного сортамента сталей могут быть следующие:

- КК–АКП–ЛПК,
- КК–АКП–УВС–ЛПК,
- КК–АКП–УВС (с продувкой кислородом) –ЛПК.

Выплавка стали в конвертерах, и обработка ее в АКП осуществляются по существующей в ККЦ-2 технологии.

Стали, требующие вакуумирования, обрабатываются по схемам КК–АКП–УВС–ЛПК или КК–УВС–ЛПК, а стали, требующие кислородного обезуглероживания в вакууме – по схеме КК–АКП–УВС (с продувкой кислородом) –ЛПК.

Для расчета производительности ЛПК принимаются следующие данные по продолжительности основных технологических операций, мин.:

- плавка в КК и разливка в ЛПК – по 47,
- обработка в АКП – 35–45,
- обработка в УВС – 40–47.

Объем производства г/к рулонов в зависимости от способа внепечной обработки стали приведен в таблице 5.

Таблица 5. - Объем производства г/к рулонов, тыс. т/год

Объем производств	Способы внепечной обработки металла			Итого
	Без вакуумирования металла (АКП)	Вакуумирование металла (ВД)	Вакуумирование с продувкой кислородом (ВКР)	
Г/к лист	1876	288	336	2500
Жидкая сталь	1955	300	350	2605

При обработке жидкого металла в УВС масса жидкого металла в сталеразливочном ковше емкостью 350 т (с учетом «свободного борта») составит:

- при вакуумировании металла (ВД) – 267 т (свободный борт составляет 1000 мм);
- при вакуумировании металла с продувкой кислородом (ВКР) – 235 т (свободный борт составляет 1300 мм)

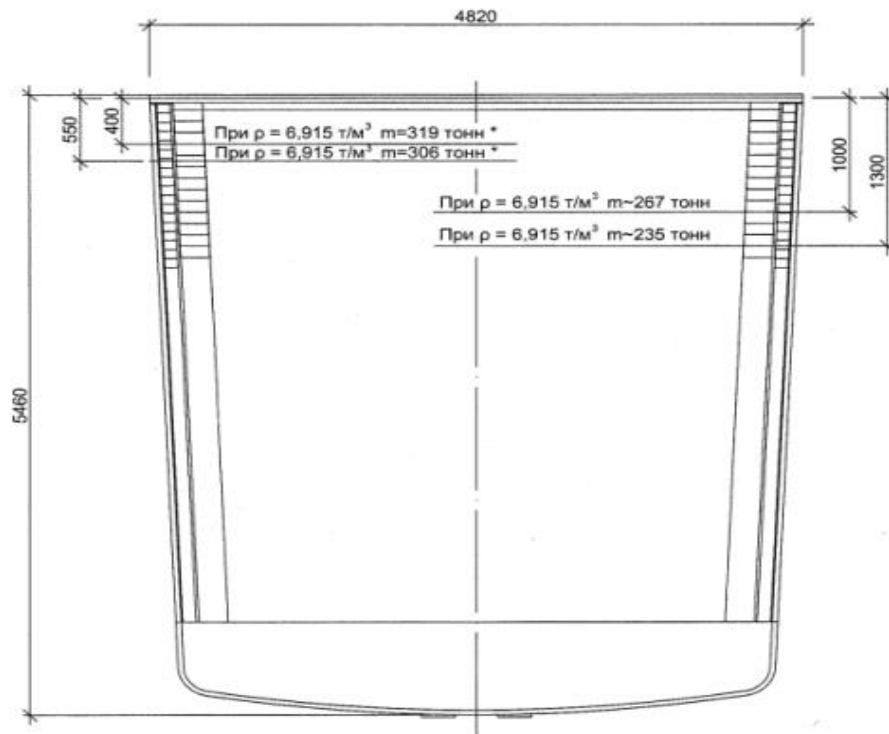


Рисунок 9. - Масса металла в сталеразливочном ковше при вакуумировании

Объемы стали, обрабатываемой в УВС методами ВД и ВКР, приведенные ниже в таблице 6, являются максимально возможными для обеспечения заданного объема производства с учетом массы металла в сталеразливочном ковше.

Для увеличения объема вакуумированной стали необходимо увеличить емкость сталеразливочного ковша, что потребует наращивания его высоты примерно на 900 мм для обеспечения «свободного борта», равного 1300 мм. Увеличение высоты сталеразливочного ковша приведет к увеличению массы ковша, что в свою очередь потребует увеличения грузоподъемности литейных кранов. Кроме того, потребуются реконструкция существующих установок внепечной обработки стали для возможности подачи увеличенного ковша для его обработки в таких установках.

Стали, подвергающиеся вакуумированию, как правило, разливаются на МНЛС с пониженными скоростями (до 4 м/мин.), что приведет к увеличению продолжительности разливки и уменьшению производительности ЛПК. Поэтому доля таких сталей не может быть большой. В противном случае производительность ЛПК значительно снизится. На диаграмме рисунка 9 показана зависимость часовой производительности МНЛС от ширины отливаемого сляба при разных скоростях разливки. Скорость разливки определяется группой марок стали.

Для условий ККЦ-2 при массе плавки 310 т и продолжительности разливки 47 мин. часовая производительность МНЛС (средняя) должна составить $310 : 47 \times 60 = 396$ т/ч.

Для сведения на рисунке 10 приведен график зависимости производительности тонкослябовой МНЛС от ширины сляба при разных скоростях разливки. Скорость разливки зависит от марки разливаемой стали.

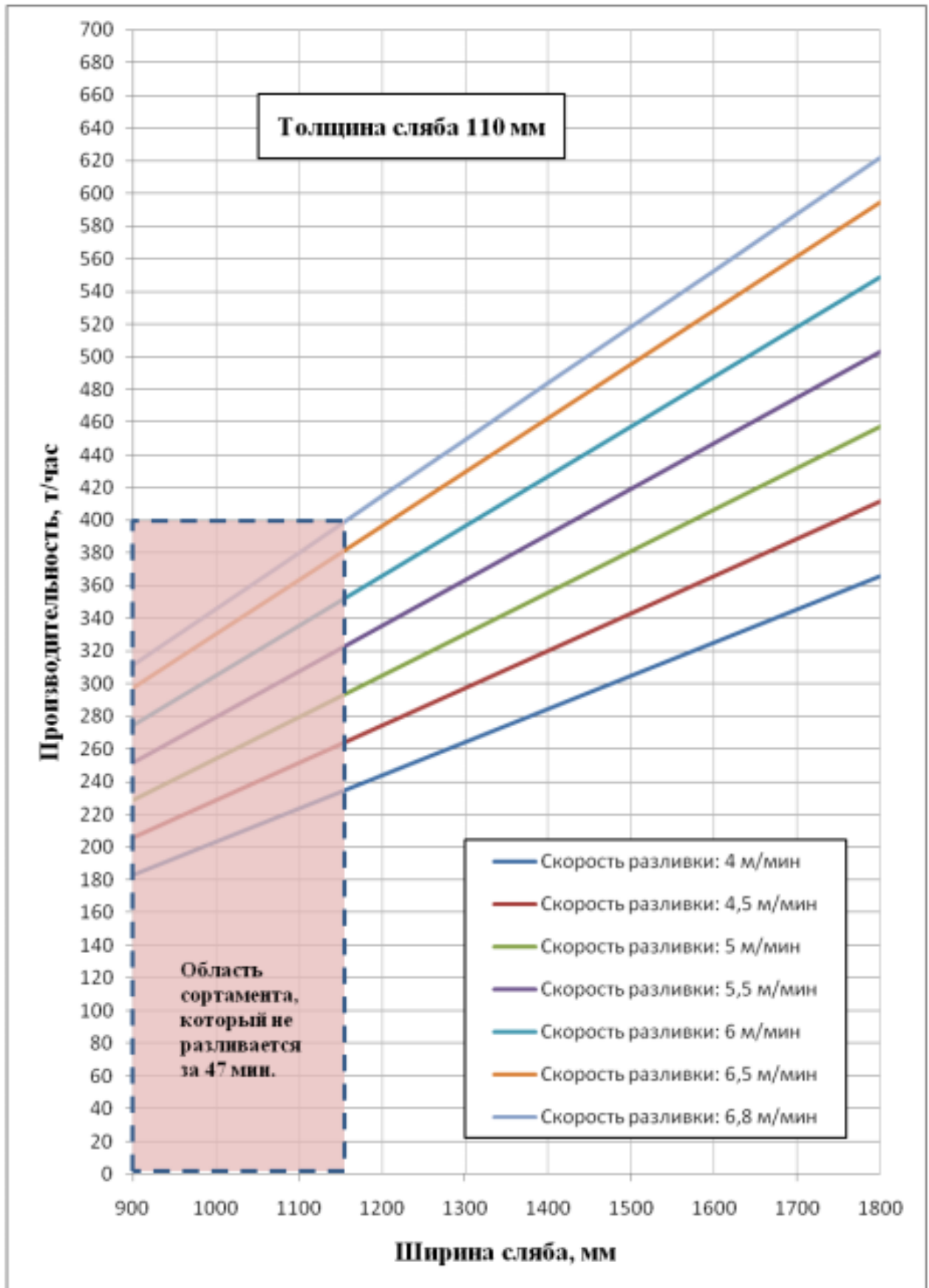


Рисунок 10 - Производительность тонкослябовой МНЛС в зависимости от ширины сляба при разных скоростях разливки

В таблице 6 приведен расчет пропускной способности МНЛС с учетом способа внепечной обработки стали.

Для расчета приняты следующие исходные данные:

- продолжительность плавки и разливки на МНЛС – 47 мин.
- количество плавов в серии – 10 шт.
- продолжительность переподготовки МНЛС – 30 мин.

Таблица 6. - Расчет пропускной способности МНЛС с учетом внепечной обработки стали

Наименование	Способы внепечной обработки металла		
	Без вакуумирования металла (АКП)	Вакуумирование металла (ВД)	Вакуумирование с продувкой кислородом (ВКР)
Масса жидкого металла в сталеразливочном ковше, т	310	267	235
Свободный борт сталеразливочного ковша, мм	400	1000	1300
Количество плавов, разливаемых на МНЛС, шт./сутки	28,8	28,8	28,8
Производительность МНЛС по жидкой стали, т/сутки	8928	7690	6768
Фонд работы КК и МНЛС по группам марок сталей, суток/год	219	39	52
Производительность МНЛС по жидкой стали, тыс. т/год	1955,23	299,91	351,94
Общий фонд работы КК и МНЛС ЛПК, суток/год	310		

Необходимая скорость разливки тонких слябов на МНЛС приведена в таблице 7.

Таблица 7. - Скорость разливки слябов на МНЛС

Наименование	Способы внепечной обработки металла		
	Без вакуумирования металла (АКП)	Вакуумирование металла (ВД)	Вакуумирование с продувкой кислородом (ВКР)
Масса жидкого металла в сталеразливочном ковше, т	310	267	235
Сквнкие тонкого сляба, мм * мм	110 × 1500 *	110 × 1500 *	110 × 1500 *
Масса 1п.м. тонкого сляба, т	1,2705	1,2705	1,2705
Количество ручьев, шт	1	1	1
Продолжительность разливки, мин	47	47	47
Скорость разливки, м/мин	5,2	4,5	3,9

* – 1500 средняя ширина листа, мм

3.3 Состав основного технологического оборудования

Совмещенный Состав основного технологического оборудования, дополнительно устанавливаемого в ККЦ–2, приведен ниже:

- двухпозиционный АКП;
- газоочистка организованных выбросов АКП;
- двухпозиционная УВС;
- АСУ ТП внепечной обработки жидкой стали.

Состав основного технологического оборудования, вновь сооружаемого ЛПК:

Машина непрерывного литья слябов (МНЛС), совмещенная с оборудованием для последующей прокатки слябов;

стан горячей прокатки;

АСУ ТП разливки стали и прокатки слябов.

Кроме того, в составе ЛПК предусматривается лаборатория.

Для обеспечения нормальной и бесперебойной работы ЛПК должны быть реконструированы и/или построены следующие объекты комбината:

1. Сети природного газа.

2. Азотно–компрессорная станция.

3. Компрессорная станция сжатого воздуха.

4. Объекты и сети теплоснабжения.

5. Объекты пароснабжения.

6. Объекты и сети отопления и вентиляции.

7. Объекты водоснабжения и водоотведения, в том числе:

установка водоподготовки;

оборотные циклы водоснабжения с насосными станциями, радиальными отстойниками и др.;

установка обезвоживания шламов;

сети технической и питьевой воды;

сети бытовой и ливневой канализации.

8. Объекты и сети связи, сигнализации, пожаротушения и др.

9. Объекты электроснабжения;

10. Объекты генерального плана и транспорта

3.4 Варианты технологических линий литейно прокатного комплекса

В настоящей работе рассмотрены три варианта технологических линий ЛПК, представляющих основные направления производства г/к полосы на современных металлургических предприятиях:

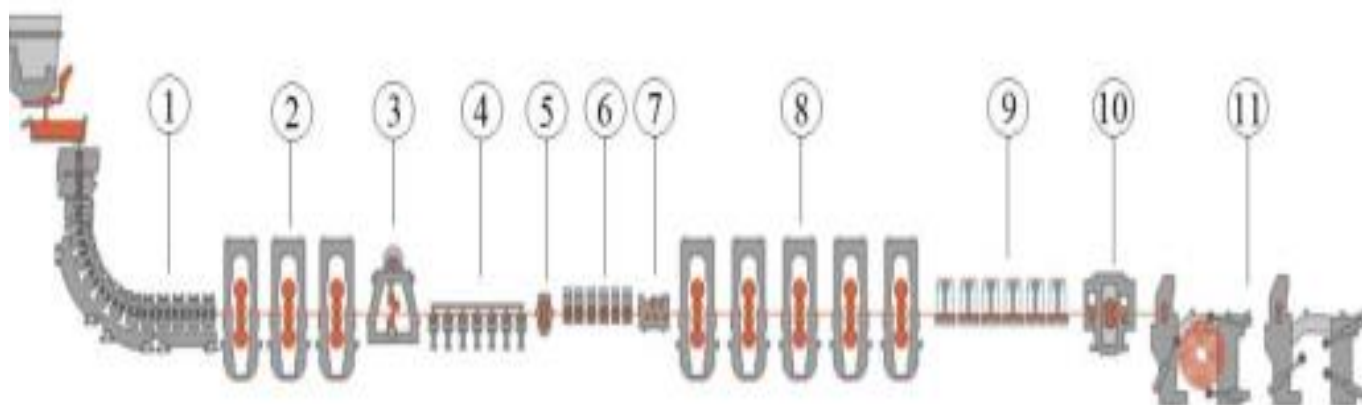
- линия непрерывной прокатки полосы (ЛНПП);
- линия периодической прокатки полосы (ЛППП);
- линия комбинированной прокатки полосы (ЛКПП).

Особенности производства полосы для каждого варианта приведены ниже.

3.4.1 Линия непрерывной прокатки полосы (ЛНПП)

Совмещенный Суть технологии бесконечной прокатки заключается в прямой и непрерывной связи между стадиями разливки и прокатки. При непрерывной прокатке можно производить полосу с постоянными и воспроизводимыми механическими свойствами по всей длине, а также снижаются до минимума потери металла за счёт фактического отсутствия обрезки головы и хвоста полосы. Дополнительное ключевое преимущество (благодаря бесконечной прокатке) заключается в отсутствии изменений межвалкового раствора и усилия прокатки в течение всего процесса, что позволяет увеличить стойкость валков в отличие от периодической прокатки раската. Кроме того, при бесконечной прокатке сокращается время превращения жидкой стали в г/к полосу, создаются условия для повышения равномерности механических свойств проката по всей длине и ширине, а также снижаются эксплуатационные затраты.

Технологическая линия непрерывной прокатки полосы (ЛНПП) схематично показана на рисунке 11.



1 – тонкослябовая МНЛС; 2 – черновые прокатные клетки; 3 – маятниковые ножницы; 4 – сталкиватель и укладчик листа; 5 – барабанные ножницы; 6 – индукционная печь; 7 – водяной окалиноломатель; 8 – чистовые прокатные клетки; 9 – ламинарное охлаждение полосы; 10 – высокоскоростные ножницы; 11 – наматыватели.

Рисунок 11 - Технологическая Линия НПП

На МНЛС с вертикальным кристаллизатором производится разливка сляба толщиной 70–110 мм. На выходе из МНЛС установлена черновая группа клеток (3 клетки кварто) для переката разливаемого сляба в подкат промежуточной толщины (10–20 мм).

Маятниковые ножницы расположены после черновых клеток перед сталкивателем, штабелеукладчиком и устройством вытягивания затравки. Ножницы выполняют следующие функции – отделение затравки, отделение головной и хвостовой обрези в начале и конце серии разливки, порезку листа на мерные длины, резку толстого листа в случае неисправностей последовательно расположенного оборудования. Максимальная толщина разрезаемой заготовки – 110 мм.

На участке сталкивателя и штабелера осуществляется удаление затравки после начала разливки. Также есть возможность удалить лист с линии прокатки.

Далее барабанные ножницы проводят обработку торца перед подачей подката в группу чистовых клеток. Кроме того, ножницы крошат избыточный подката в группу чистовых клеток. Кроме того, ножницы крошат избыточный

материал в случае неисправностей последовательно расположенного оборудования.

Для выхода на целевую температуру чистовой прокатки перед чистовыми клетями предусмотрен нагрев в индукционной печи. Индукционная печь позволяет довести температуру промежуточной полосы до предварительно определенных значений с учетом технологических требований. В отличие от печей с газовым нагревом индукционный нагреватель позволяет осуществлять настройку температуры с бесступенчатым регулированием практически без задержек во времени. Максимально получаемая температура может достигать 1200 °С. Такая способность позволяет в реальном времени крайне гибко работать ЛНПП, а также получать более высокую точность температуры благодаря динамическим ее корректировкам в случае возникновения нестабильных условий эксплуатации.

Гидросбив окалины производится водяным окалиноломателем, расположенным на рольганге за индукционной печью у входа в группу чистовых клеток. Окалиноломатель состоит из двух верхних и двух нижних коллекторов высокого давления (400 бар).

Далее полоса следует к группе чистовых клеток (5 шт.), из которых три предназначены для прокатки под высокой нагрузкой, а последние две оптимизированы под производство тонких полос.

Полученная полоса поступает на участок ламинарного охлаждения, который включает зоны разной интенсивности подачи воды и позволяет задавать индивидуальные схемы охлаждения с учетом конкретной марки стали.

За участком ламинарного охлаждения размещаются высокоскоростные ножницы, используемые для определения размера рулона в процессе производства непрерывной полосы.

На участке наматывателей производится смотка и формирование рулонов, после чего рулоны направляются к участку выдачи для последующей транспортировки на склад.

Таблица 8 - Техническая характеристика МНЛС

№ п/п	Показатели	Величина
1	Емкость ковша по жидкой стали, т	310
2	Количество ручьев, шт.	1
3	Сечение слябов, мм х мм	70–110×900–1800
4	Базовый радиус, м	5,5
5	Емкость промежуточного ковша, т	45
6	Устройство для резки заготовки	Ножницы
7	Количество плавов в серии, шт.	8-12
8	Время подготовки к очередной серии (среднее), мин.	30
9	Скорость разливки, м/мин. (рабочая)	6-7
10	Продолжительность разливки одной плавки, мин.	47

Продолжительность серии плавов, разливаемых на МНЛС, ограничена примерно 8 ч в соответствии со сроком службы сталеразливочного стакана, что определяет максимальную серийность разливок для достижения заданной производительности ЛПК.

Продолжительность подготовки МНЛС к следующей серии составляет 30 мин. (от открытия до закрытия стопора промежуточного ковша).

Преимуществами технологической ЛНПП являются:

- компактная конфигурация – общая длина линии составляет около 200 м;
- высокая скорость разливки на МНЛС, что позволяет обеспечить требуемую производительность ЛПК;

- прямая прокатка слябовой заготовки на стане с высокой степенью обжата в состоянии

непосредственно после разливки, что позволяет минимизировать энергопотребление;

точность и гибкость регулирования температуры заготовки посредством индукционного нагрева;

индивидуальное регулирование толщины заготовки в диапазоне 20–10 мм (после

черновых клетей) в зависимости от готовой продукции;

минимальная толщина готовой продукции – 0,8 мм;

отсутствие необходимости в создании буферных емкостей и обеспечении буферного

времени между МНЛС и прокатным станом вследствие компактности линии и использования индукционного подогрева слябов;

эффективный нагрев полосы в индукционной печи.

Недостатками технологической ЛНПП являются:

снижение производственной гибкости при прокатке более сложных марок стали вследствие жесткой связи между процессами разливки и прокатки;

при реализации схемы бесконечной прокатки МНЛС фактически вынуждена работать с очень высокими скоростями разливки, что возможно только для ограниченного марочного сортамента;

работа с высокими скоростями разливки приводит к быстрому износу плит кристаллизатора МНЛС вследствие увеличенного теплового потока;

отсутствие буферной зоны влияет на выход годного и производительность, так как техническое обслуживание МНЛС должно быть синхронизировано с перевалкой валков прокатного стана. Эти операции проводят достаточно часто при бесконечном режиме работы ЛПК. Причиной частых перевалок валков является их износ и термическая деформация при непрерывном контакте с горячей полосой, вследствие чего уменьшается количество плавок, разливаемых в серию, по сравнению с ЛПК, работающим в дискретном режиме, где серийность определяется стойкостью огнеупоров погружного стакана, а не графиком перевалки валков.

Необходимо отметить, что бесконечный процесс разливки–прокатки показал конкурентоспособность только при производстве полосы толщиной

менее 1,5 мм, так как с увеличением толщины полосы чрезмерно возрастает мощность индукционных нагревателей, необходимых для обеспечения бесконечного режима прокатки.

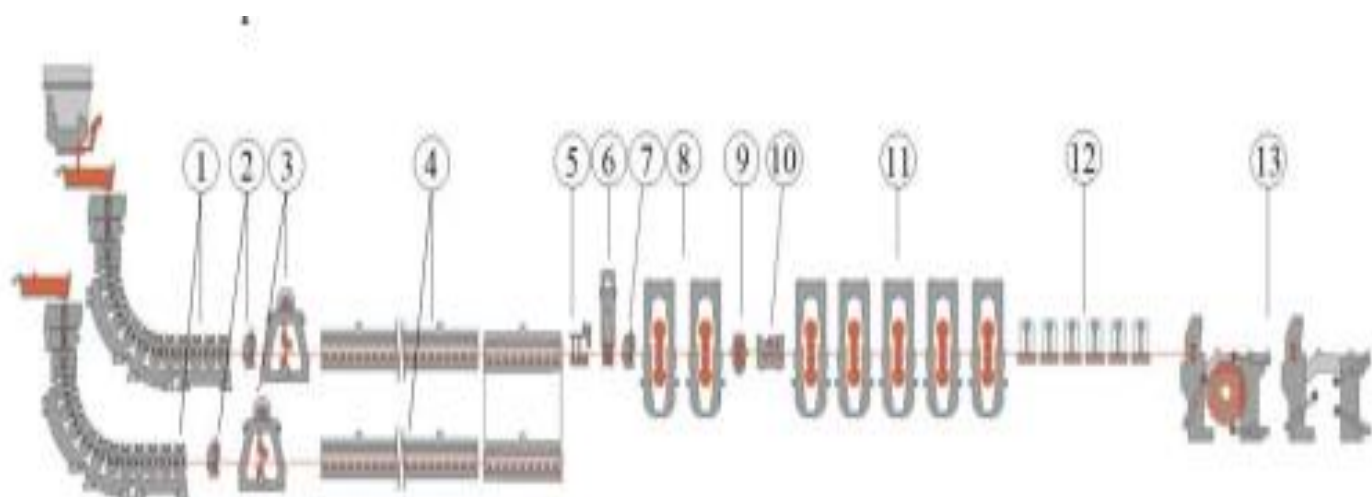
Кроме того, сортамент выпускаемой продукции при бесконечном режиме прокатки ограничен низко- и среднеуглеродистыми сталями, а также небольшой долей (в объеме производства) высокопрочных низколегированных (HSLA) и высокопрочных конструкционных сталей.

Технологическая ЛНПП позволяет выпускать г/к полосы толщиной 0,8–16 мм и шириной 900–1800 мм.

Мощность ЛПК с такой линией в зависимости от марочного и размерного сортамента составляет 2,5 млн т/год г/к рулонов.

3.4.2 Линия периодической прокатки полосы (ЛПП)

По этой технологии, которая является традиционной для большинства ЛПК, двухручьева тонкослябовая МНЛС соединяется с прокатным станом длинными (~220 м) проходными печами туннельного типа с челночной секцией, в которых выполняются подогрев или выравнивание температуры сляба, а также обеспечивается достаточное буферное время при остановках оборудования и согласование скоростей разливки и прокатки. Технологическая ЛПП схематично показана на рисунке 12.



1 – тонкослябовая МНЛС; 2 – водяной окалиноломатель; 3 – маятниковые ножницы; 4 – туннельная печь; 5 – устройство кислородной резки; 6 – вертикальная клеть; 7 – водяной окалиноломатель; 8 – черновые прокатные клетки; 9 – барабанные ножницы; 10 – установка интенсивного охлаждения, совмещенная с окалиноломателем; 11 – чистовые прокатные клетки; 12 – ламинарное охлаждение полосы; 13 – наматыватели.

Рисунок 12 – Технологическая схема ЛППП

Для достижения требуемой производительности предусматривается двухручьева тонкослябовая МНЛС. Второй ручей позволяет компенсировать разницу скоростей между разливкой и прокаткой и обеспечить эффективное использование прокатного стана.

Производство проката по технологии ППП осуществляется в так называемом дискретном режиме (сляб–рулон). Отливаемый сляб режут на заданные длины маятниковыми ножницами на выходе из МНЛС, получая, таким образом, из каждого сляба один рулон полосы.

Все установки подобного типа предусматривают резку сляба и его передачу на стан с использованием в качестве промежуточного накопителя протяжной роликовой печи, предназначенной для согласования различных рабочих скоростей МНЛС и прокатного стана.

Основная идея компоновки оборудования линии основана на том, что при разделении сляба на заготовки фиксированной длины (45–50 м) и соответствующем выборе протяженности проходной печи прокатный стан

становится независимым от МНЛС, что позволяет повышать скорость сляба для задачи в первую клетку и производить перевалку валков без учёта разлива на МНЛС.

Заготовка, выходящая из МНЛС, проходит через водяной окалиноломатель, состоящий из двух приводных валков с системой форсунок. Далее, с помощью маятниковых ножниц, заготовка разрезается на слябы заданной длины, которые подаются с постоянной скоростью в двузонную туннельную печь (зона нагрева и зона выдержки для выравнивания температуры по сечению). Ножницы также выполняют следующие операции – отделение затравки, отделение головной и хвостовой обрезки в начале и конце серии разлива, аварийную резку слябов.

В обеих туннельных печах за МНЛС предусмотрены накопители, предназначенные для поперечной транспортировки непрерывно литого сляба в линию прокатки. Транспортировка производится с помощью тележек, способных перемещаться перпендикулярно оси прокатки.

Такие накопители позволяют принимать слябы и направлять их в прокатный стан в любой последовательности.

После выхода из печи сляб разгоняется до скорости подачи в первую клетку прокатного стана.

Для получения конечной толщины используются две группы прокатных клеток – черновые и чистовые. Черновая группа клеток предназначена для переката разливаемого сляба в подкат промежуточной толщины и состоит из двух клеток кварто.

Установка интенсивного охлаждения, совмещённая с окалиноломателем и размещённая между группами клеток, позволяет обеспечить закалку полосы, что дает возможность производить двухфазные стали.

В 5 чистовых клетках полоса прокатывается до достижения требуемой толщины.

После выхода из последней клетки полоса попадает в установку ламинарного охлаждения, которая включает зоны разной интенсивности подачи воды и позволяет задавать индивидуальные схемы охлаждения с учетом конкретной марки стали.

За участком ламинарного охлаждения полосы размещаются высокоскоростные ножницы, используемые для определения размера рулона в процессе производства непрерывной полосы. После участка ламинарного охлаждения полоса поступает к подпольным моталкам, где формируются рулоны. Сформированные рулоны подаются к участку выдачи для последующей транспортировки на склад.

Представленная компоновка оборудования позволяет выпускать достаточно широкий марочный сортамент продукции, включая низко-, средне- и высокоуглеродистые конструкционные марки стали, высокопрочные низколегированные стали (HSLA), двухфазные (AHSS), трубные стали по стандарту API-5L и кремнистые электротехнические стали.

Техническая характеристика МНЛС приведена в таблице 9.

Таблица 9. Техническая характеристика МНЛС

№ п/п	Показатели	Величина
1	Емкость ковша по жидкой стали, т	310
2	Количество ручьев, шт.	2
3	Сечение слябов, мм х мм	70–110×900–1800
4	Базовый радиус, м	5
5	Емкость промежуточного ковша, т	45
6	Устройство для резки заготовки	Ножницы
7	Количество плавков в серии, шт.	8-12
8	Время подготовки к очередной серии (среднее), мин.	30
9	Скорость разливки, м/мин. (рабочая)	3-6
10	Продолжительность разливки одной плавки, мин.	47

Продолжительность серии плавок, разливаемых на МНЛС, ограничена примерно 8 часами в соответствии со сроком службы сталеразливочного стакана.

Продолжительность подготовки МНЛС к следующей серии составляет 30 мин. (от открытия до закрытия стопора промежуточного ковша).

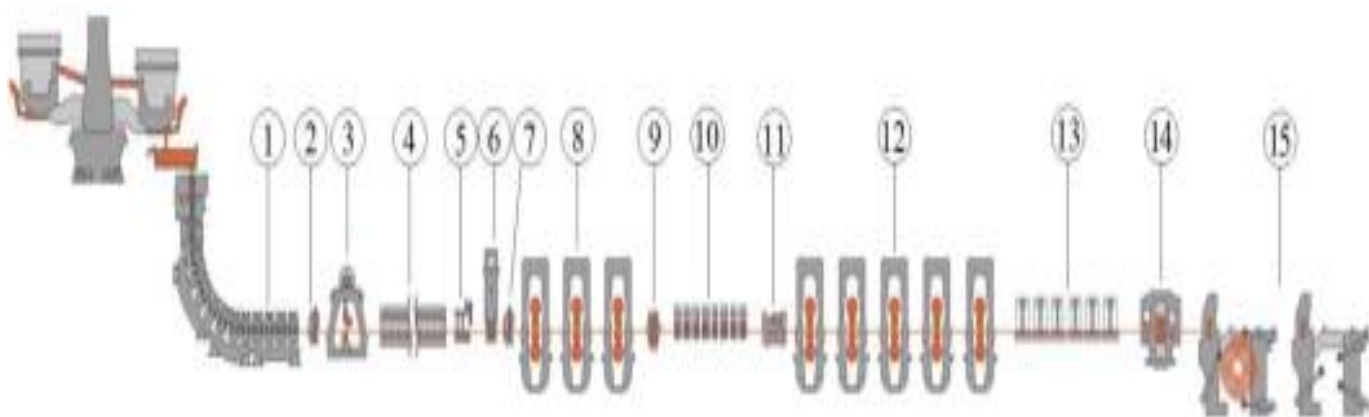
Основными преимуществами технологической ЛППП являются ее производственная гибкость за счет буферных функций туннельной печи и широкий сортамент получаемой продукции, а недостатками – большая длина технологической линии (~400 м), ограничения по толщине получаемого проката (не менее 1,0 мм для низкоуглеродистых сталей и не менее 1,2мм для остальных сталей) и ограниченная производительность типовой МНЛС (1,2 млн т/год), что требует установки двухручьевого МНЛС и второй туннельной печи с соответствующим увеличением капиталовложений и энергоёмкости технологической линии.

Технологическая ЛППП позволяет выпускать г/к полосы толщиной 1,2–16 мм и шириной 900–1800 мм.

Мощность ЛПК с такой линией в зависимости от марочного и размерного сортамента составляет до 2,4 млн т/год г/к рулонов.

3.4.3 Линия комбинированной прокатки полосы

Совмещенный Технология КПП предусматривает работу как в периодическом, так и в непрерывном режимах прокатки, которые могут быть взаимозаменяемы в любое время. Непрерывный режим прокатки подходит для производства тонких полос, а режим периодической прокатки – для средних и толстых полос при производстве проката из специальных марок стали. Это позволяет значительно расширить сортамент выпускаемой продукции. Технологическая ЛКПП схематично показана на рисунке 13.



1 – тонкослябовая МНЛС; 2 – водяной окалиноломатель; 3 – маятниковые ножницы; 4 – туннельная печь; 5 – устройство кислородной резки; 6 – вертикальная клеть; 7 – водяной окалиноломатель; 8 – черновые прокатные клетки; 9 – барабанные ножницы; 10 – индукционная печь; 11 – установка интенсивного охлаждения, совмещенная с окалиноломателем; 12 – чистовые прокатные клетки; 13 – ламинарное охлаждение полосы; 14 – высокоскоростные ножницы; 15 – наматыватели.

Рисунок 13 - Технологическая ЛКПП

Режим периодической прокатки предназначен, в основном, для производства средне- и толстолистовой продукции. Ножницы для резки сляба, установленные сразу после МНЛС, разрезают непрерывно литой сляб на отрезки с заданной массой. Нагревательная печь позволяет выровнять температуру заготовки для соблюдения обязательных условий подачи в черновые клетки. Каждый сляб ускоряется и проходит через прокатный стан. После охлаждения на участке выдачи каждая г/к полоса сматывается с помощью подпольных моталок. Нарезка слябовых заготовок сразу после разливочного участка позволяет контролировать процесс прокатки каждого отдельного сляба. При таком режиме индукционный нагреватель, третья черновая клеть и высокоскоростные ножницы не участвуют в технологическом процессе.

Этот режим применим и при производстве качественных сталей, которым необходимо постепенное затвердевание.

Маятниковые ножницы для резки сляба, установленные сразу после МНЛС, разрезают непрерывно литой сляб на отрезки с заданной массой.

Ножницы также выполняют следующие операции – отделение затравки, отделение головной и хвостовой обрезки в начале и конце серии разливки, аварийную резку слябов.

Резка слябовых заготовок сразу после разливочного участка позволяет контролировать процесс прокатки каждого отдельного сляба.

Туннельная печь позволяет выравнивать температуру заготовки для соблюдения обязательных условий подачи в черновые клетки. Каждый сляб ускоряется и проходит через прокатный стан. Предварительный раскат полосы происходит на участке черновых прокатных клеток (3 клетки кварто).

Между группами клеток расположены барабанные ножницы, с помощью которых производят обработку торца перед подачей подката в группу чистовых клеток. Кроме того, ножницы крошат избыточный материал в случае неисправностей последовательно расположенного оборудования.

Далее полоса проходит через устройство интенсивного охлаждения, совмещённое с водяным окалиноломателем, состоящим из двух верхних и двух нижних коллекторов высокого давления (400 бар). Устройство интенсивного охлаждения обеспечивает закалку полосы, что позволяет производить двухфазные стали.

На участке чистовых клеток (5 клеток кварто) полоса докатывается до требуемой толщины.

Участок ламинарного охлаждения, расположенный после группы чистовых клеток, служит для охлаждения полосы перед участком смотки и включает зоны разной интенсивности подачи воды. Такая система позволяет задавать индивидуальные схемы охлаждения с учетом конкретной марки стали.

Далее каждая полоса сматывается на участке наматывателей и направляется к участку выдачи г/к рулонов для последующей транспортировки на склад.

При данном режиме индукционный нагреватель и устройство резки полосы не участвуют в технологическом процессе.

Непрерывный режим прокатки предназначен, в основном, для производства тонколистовой продукции. Непрерывно литой сляб проходит к наматывателям рулонов через прокатные клетки без пауз и промежуточных разрезов, до участка высокоскоростных ножниц, где полоса отрезается при достижении рулоном определённой массы. Этот режим может обеспечить равномерную прокатку, особенно для тонкой полосы, из-за гораздо меньшего количества отрезных и хвостовых операций. Ножницы для резки сляба не используются, но индукционный нагрев активируется для компенсации падения температуры из-за низкой скорости прокатки.

Синхронизированный контроль всего процесса играет решающую роль. Этот режим выгоден при производстве ультратонкой полосы, которая может заменить некоторые холоднокатаные продукты.

Непрерывно литой сляб проходит через черновые прокатные клетки. Предназначенные для переката разливаемого сляба в подкат промежуточной толщины. Черновая группа клеток состоит из 3 клеток кварто.

Индукционный нагреватель позволяет довести температуру промежуточной полосы до предварительно определенных значений с учетом технологических требований.

Высокоскоростные ножницы используются для определения размера рулона в процессе производства непрерывной полосы. Полоса отрезается при достижении рулоном определённой массы.

Техническая характеристика МНЛС приведена в таблице 10.

Таблица 10. - Техническая характеристика МНЛС

№ п/п	Показатели	Величина
1	Емкость ковша по жидкой стали, т	310
2	Количество ручьев, шт.	1
3	Сечение слябов, мм х мм	90–110×900–1800
4	Базовый радиус, м	5,5
5	Емкость промежуточного ковша, т	45
6	Устройство для резки заготовки	Ножницы
7	Количество плавков в серии, шт.	8-12
8	Время подготовки к очередной серии (среднее), мин.	30
9	Скорость разливки, м/мин. (рабочая)	2,5-6,8
10	Продолжительность разливки одной плавки, мин.	47

Продолжительность серии плавков, разливаемых на МНЛС, ограничена примерно 8 часами в соответствии со сроком службы сталеразливочного стакана.

Продолжительность подготовки МНЛС к следующей серии составляет 30 мин. (от открытия до закрытия стопора промежуточного ковша).

Преимуществами технологической ЛКПП являются:

- возможность прокатки всего сортамента полосового проката из слябов лишь одной толщины независимо от толщины готовой полосы;
- непрерывное регулирование ширины сляба в процессе разливки за счёт производственной гибкости кристаллизаторов;
- перевалка рабочих валков без прерывания работы МНЛС за счёт возможности использования туннельной печи как буферной зоны;
- возможность работы в различных режимах (при необходимости);
- в зависимости от конкретных условий компоновка линии может быть внедрена поэтапно, начиная с классической планировки однору4чевой ЛППП;

- относительно небольшая длина технологической линии (до ~300 м);
- обеспечение высокой производительности на одном ручье МНЛС;
- из-за большей толщины сляба при прокатке увеличивается степень обжатия сляба, что способствует повышению качества готового листа.

Основным недостатком технологической ЛКПП являются большие капиталовложения в сравнении с вариантом ЛНПП за счёт установки оборудования фактически для двух технологий – периодической и непрерывной.

Сортамент выпускаемой продукции по технологии КПП охватывает широкий спектр марок стали, используемых для получения плоского проката, включая сложные марки стали, обрабатываемые по технологии термомеханической прокатки (трубные марки по API-5L) и прокатываемые с регулируемым температурным режимом (двухфазные стали), а также стали, требующие замедленных скоростей разливки (перитектические, электротехнические и высокоуглеродистые стали, чувствительные к трещинообразованию).

Технологическая ЛКПП позволяет выпускать г/к полосы толщиной 0,8–16 мм и шириной 900–1800 мм.

Мощность ЛПК с такой линией в зависимости от марочного и размерного сортамента составляет до 2,5 млн т/год г/к рулонов.

Необходимо отметить, что для каждой из трёх рассмотренных технологических линий существующий склад слябовой МНЛС используется для размещения участка правки и поперечной резки полосы.

3.5 Размещение литейно-прокатного комплекса (ЛПК)

В настоящей работе рассмотрены следующие варианты размещения ЛПК на свободной площадке в районе ККЦ–2:

Вариант 1 – ЛПК размещается с северо–восточной стороны ККЦ–2, здание ЛПК примыкает к зданию ККЦ–2 по оси 29 в пролетах А–Б и Б–В.

Вариант 2 – ЛПК размещается с юго–западной стороны ККЦ–2, здание ЛПК примыкает к зданию ККЦ–2 по оси 8 в пролетах А–Б и Б–В.

Вариант 3 – ЛПК размещается с юго-восточной стороны ККЦ–2, поворотный стенд МНЛС ЛПК располагается на месте поворотного стенда существующей МНЛС.

В связи с тем, что технологическая ЛНПП имеет наименьшую длину, она и принята для рассмотрения в трех вариантах размещения ЛПК.

3.6 Сравнительный анализ технологических линий

Сравнение вариантов размещения ЛПК (на примере ЛНПП) приведено в таблице 11.

Таблица 11. - Сравнение вариантов размещения ЛПК (на примере ЛНПП)

1 вариант (СВ)	2 вариант (ЮЗ)	3 вариант (ЮВ)
Сохранение возможности разливки в изложницы и эксплуатации существующей МНЛС	Отказ от разливки в изложницы с момента начала строительства	Отказ от возможности эксплуатации существующей МНЛС с момента начала строительства
Сохранение существующих пристроенных к зданию ККЦ–2 помещений у ряда П в осях 30–36	Демонтаж металлоконструкций и фундаментов здания в пролетах А–Б и Б–В в осях 1–8 здания ККЦ–2	Большой объем демонтажных работ по оборудованию МНЛС, металлоконструкций здания ОНРС, демонтаж фундаментов под оборудование и колонн здания цеха
Демонтаж существующих фундаментов под оборудование циркуляционного	Предполагаемое размещение ЛПК требует переноса распределительной подстанции №5,	Демонтажные работы должны осуществляться в стесненных условиях работающего цеха

1 вариант (СВ)	2 вариант (ЮЗ)	3 вариант (ЮВ)
вакууматора, расположенных в пролетах А–Б и Б–В в осях 25–29 ККЦ–2	пешеходной галереи, участка переработки твердых шлаков и эстакады с энергоносителями	
Перенос существующей ЛЭП 110 кВ и существующих резервуаров чистой воды	Необходимость выполнения большого объема земляных работ, связанных с разницей отметок пола в здании ККЦ–2 и на новой площадке, составляющей 2,3 м	Необходимость демонтажа здания центрального склада сма зочных материалов и химикатов, столовой, автодороги, эстакады 35 кВ, питающей существующий АКП.
—————	—————	При сооружении ЛПК перерезаются существующие ж/д пути для вывоза готовой продукции от сортовой МНЛЗ. Вывоз готовой продукции от сортовой МНЛЗ становится невозможным

Из трех рассмотренных вариантов размещения ЛПК к реализации рекомендуется вариант 1

3.6.1 Сравнение технологических линий производства горячекатаной полосы

В таблице 12 приведена сравнительная характеристика рассматриваемых технологических линий. Схематичное расположение оборудования линии прокатки в приложении 7.

Таблица 12. - Сравнение технологических линий производства г/к полосы

Линия прокатки	ЛНПП	ЛППП	ЛКПП
Характеристики			
Мощность, млн т/год, в рулонах	2,5	2,4	2,5
Скорость разливки, м/мин.	6–7	3–6	2,5–6,8
Тип МНЛС	С вертикальным участком		
Длина технологической линии, м	~200	~400	~300
Радиус разливочной дуги, м	5,5	5	5,5
Количество ручьев	1	2	1
Черновых клетей	3	2	3
Чистовых клетей	5	5	5
Длина печи, м	–	220	80
Толщина сляба, мм	70–110	70–90	70–110
Ширина сляба, мм	900–1800		
Толщина полосы, мм	0,8–16	1,2–16	0,8–16
Численность трудящихся, чел.	181	200	186
Режим работы	непрерывный	периодический	периодический, непрерывный
Марочный сортамент разливаемых сталей	Низкоуглеродистые (LC); Среднеуглеродистые (MC); Высокоуглеродистые (HC); Высокопрочные низколегированные (HSLA); Электротехнические (Si); Двухфазные (DP); Трубные (API); Мартенситные (MS)	Низкоуглеродистые (LC); Среднеуглеродистые (MC); Высокоуглеродистые (HC); Высокопрочные низколегированные (HSLA); Электротехнические (Si); Двухфазные (DP); Трубные (API). Мартенситные (MS)	Низкоуглеродистые (LC); Среднеуглеродистые (MC); Высокоуглеродистые (HC); Высокопрочные низколегированные (HSLA); Электротехнические (Si); Двухфазные (DP); Трубные (API); Мартенситные (MS)

С точки зрения возможности производства рулонов с большим интервалом толщин полосы, а также возможности производства трубных сталей рекомендуется технологическая Линия Комбинированной Прокатки Полосы (ЛКПП).

3.6.2 Сравнение затрат на строительство и эксплуатацию литейно прокатного комплекса (ЛПК)

Совмещенный Расходы основных энергоносителей и сред приведены в таблице 13.

Таблица 13. - Расходы основных энергоносителей и сред

Расходники	Линия прокатки		
	ЛНПП	ЛППП	ЛКПП
Природный газ , тыс. нм3/ч	3	7,5	3.9
Электроэнергия, кВтч/т	229	164	165
Сжатый воздух, тыс. нм3/ч	13,1	17,1	16,1
Вода на подпитку, м3/ч	150	270	200
Чистый оборотный цикл, тыс. м3/ч	6,4	12,6	8,6
Грязный оборотный цикл, тыс. м3/ч	4,6	6	5,8
Ламинарное охлаждение (цикл), тыс. м3/ч	4,1	11*	11*

Расчет себестоимости продукции приведен в таблице 14.

Таблица 14. – Расчет себестоимости продукции

Ресурс/расход	Цена, руб/ед.изм.	Ед. изм.	ЛНПП		ЛППП		ЛКПП	
			Кол-во	Стоимость руб/т	Кол-во	Стоимость руб/т	Кол во -	Стоимость руб/т
Разливка				501		692		501
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	11,28	22,8	12,72	25,7	11,28	22,8
Природный газ	4,7	м3	1,49	7,0	1,49	7,0	1,49	7,0
Аргон	19,1	м3	0,06	1,1	0,06	1,1	0,06	1,1
Сжатый воздух	0,3	м3	9,78	2,7	9,78	2,7	9,78	2,7
Огнеупоры	47,5	кг	2,50	118,8	3,00	142,5	2,50	118,8
Шлакообразующая смесь	69,6	кг	0,20	13,9	0,30	20,9	0,20	13,9
Плиты кристаллизатора	2 282,4	кг	0,12	273,9	0,18	410,8	0,12	273,9
Гидравлическое масло, смазочное масло и смазка	252,4	кг	0,24	60,6	0,32	80,8	0,24	60,6
Прокатный стан	499,99	489,80	536,66					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	42,47	85,9	45,31	91,7	57,31	116,0
Рабочие валки	212,1	кг	0,80	170,5	0,71	150,2	0,80	170,5
Опорные валки	197,0	кг	0,16	30,7	0,13	26,0	0,16	30,7
Прижимные ролики	544,4	кг	0,03	15,7	0,03	15,7	0,03	15,7
Ножи для ножниц	3 782,5	кг	0,0095	35,9	0,0098	37,0	0,010	37,7
Прочее сменное оборудование	1 343,3	кг	0,12	161,2	0,13	169,3	0,12	166,0
Туннельная печь	-	119	31					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	-	-	23,57	47,7	8,57	17,3
Природный газ	4,7	м3	-	-	13,40	63,3	2,50	11,8

Ресурс/расход	Цена, руб/ед.изм.	Ед. изм.	ЛНПП		ЛППП		ЛКПП	
			Кол-во	Стоимость руб/т	Кол-во	Стоимость руб/т	Кол во -	Стоимость руб/т
Огнеупоры	63,0	кг	-	-	0,120	7,6	0,022	1,4
Индукционная печь	201	-	19					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	99,54	201,4	-	-	9,59	19,4
Водоподготовка	17	31	23					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	8,46	17,1	15,23	30,8	11,28	22,8
Сжатый воздух	0,3	м3	1,32	0,4	1,32	0,4	1,32	0,4
Котельная	35,41	35,41	35,41					
Природный газ	4,7	м3	7,50	35,4	7,50	35,4	7,50	35,4
Прочее	17,48	17,48	17,48					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	8,64	17,5	8,64	17,5	8,64	17,5
Вода на подпитку оборотных циклов	1,2	м3	0,45	0,5	0,80	0,96	0,60	0,7
Текущий, кап. ремонт (всего)	251,0	руб	1	251	1	264	1	259
Содержание основных средств, прочие расходы, технологические затраты (всего)	286,0	руб	1	286	1	300	1	295
ФЗП (всего) (71 500 руб/мес)	0,34	руб	181	62,17	200	68,69	186	63,89
Себестоимость 1 т продукции, руб/т			1 872,33		2 017,50		1 781,23	

Ориентировочная стоимость строительства ЛПК приведена в таблице 15.

Таблица 15. – Затраты на строительство ЛПК

№ п/п	Наименование	Непрерывная	Периодическая	Комбинированная
		Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС
1	Оборудование	17 001 813	18 236 221	17 696 722
1.1	Основное технологическое оборудование	11 925 000	12 750 000	12 450 000
1.1.1	Основное технологическое оборудование. ЛПК	10 575 000	11 400 000	11 100 000
1.1.2	Основное технологическое оборудование. Агрегат «ковш–печь» (АКП)	720 000	720 000	720 000
1.1.3	Основное технологическое оборудование. Установка вакуумирования стали	630 000	630 000	630 000
1.2	Второстепенное оборудование	5 076 813	5 486 221	5 246 722
1.2.1	Грузоподъемное и подъемно-транспортное оборудование	660 165	685 327	670 477
1.2.2	Вальцешлифовальная и ремонтная мастерские	288 000	288 000	288 000
1.2.3	Компрессорная станция	170 439	185 400	175 400
1.2.4	Парогенераторная	181 150	181 150	181 150
1.2.5	ГПП 150 МВт и ВЛ 220/10 кВ	877 800	877 800	877 800
1.2.6	РУ, ТП, освещение, кабели, АСУТП 3-го уровня, диспетчеризация	1 662 750	1 732 750	1 741 463
1.2.7	Водоподготовка, очистка стоков, оборотный цикл	613	866 445	669 820
1.2.8	ОВиК, ВК, СС, ПТ	418 656	450 348	431 111
1.2.9	Внутриплощадочные сети и эстакады	204 000	219 000	211 500
2	СМР	9 426 491	10 604 711	9 899 978
2.1	Подготовительные работы и временные здания	352 162	391 162	367 162
2.2	Демонтажные работы и усиление цеха	474 088	463 088	453 863

№ п/п	Наименование	Непрерывная	Периодическая	Комбинированная
		Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС
2.3	Основное производственное здание	6 663 497	7 286 341	6 676 827
2.4	Перенос ЛЭП и ВЛ	72 500	72 500	72 500
2.5	Вспомогательные объекты	1 959 978	2 391 619	2 329 625
2.5.1	Компрессорная станция	63 222	66 480	82 020
2.5.2	Парогенераторная	98 045	98 045	98 045
2.5.3	ГПП 150 МВт, РУ, ТП, освещение, кабели, АСУТП 3-го уровня, диспетчеризация	519 360	534 110	537 589
2.5.4	Водоподготовка, очистка стоков, оборотный цикл	309 577	510 159	469 698
2.5.5	Внутриплощадочные сети и эстакады	520 822	535 125	520 822
2.5.6	Прочие здания и сооружения	103 950	302 700	276 450
2.5.7	Благоустройство и дороги	345 000	345 000	345 000
3	Инжиниринг, стадия П и РД, авторский надзор, изыскания, обследования	845 705	922 909	883 094
4	Непредвиденные расходы, зимнее удорожание - 2,5%	660 707	721 023	689 917
5	Итого без НДС	27 934 717	30 484 865	29 169 713

3.6.3 Техничко-экономическое обоснование рекомендуемой линии

Исходя из выводов, сделанных в предыдущих разделах, представляется целесообразным рекомендовать вариант - линии комбинированной прокатки полосы (ЛКПП) для производства г/к рулонов в новом литейно прокатном комплексе (ЛПК). Показатели работы рекомендуемого ЛПК приведены в таблице 16.

Полная стоимость реализации проекта составляет 45 456,248 млн руб. (без НДС)

- Инвестиционный период составляет ~6,0 лет.
- Начало реализации экономического эффекта ~5 лет.
- Прогнозный экономический эффект в терминах ΔЕВІТDA после выхода на запланированную мощность за год составит 13 335 млн. руб.

Дисконтированный срок окупаемости составит 9,7 лет.

Таблица 16. - Показатели работы ЛПК (ЛКПП)

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Величина	
1	Конвертор	Объем производства по жидкой стали	тыс. т/год.	2605
2	Основное оборудование (в комплексе)	Годовой фонд рабочего времени	сутки	310
3	Основное технологическое оборудование			
	• агрегат «ковш–печь»:	– количество	шт.	1
		– тип		двухпозиционный
		– мощность трансформатора	МВА	48 + 20 %
		– время обработки	мин.	до 45
	• Установка вакуумирования стали:	– тип	камерная	двухпозиционная
		– количество камер	шт.	2
		– тип насоса		пароэжекторный
	• Машина непрерывного литья слябов:	– сечение слябов	мм x мм	70–110 x 900–1800
		– количество ручьев	шт.	1
– скорость разливки		м/мин.	2,6–6,8	

№ п/п	Показатели	Ед. измерения	Величина	
	• Прокатный стан	– скорость прокатки на черновых клетях	м/с	0,6–1,15 (max 1,2–2,3)
		– скорость прокатки на чистовых клетях		2,0–8,4 (max 4,9–20,1)
	• Индукционная печь	– установленная мощность	МВт	38,7
		– количество секций	шт	8 + 1 резервная
4	Расход основных материалов на 1 т жидкой стали:			
	• ферросплавы		кг/т	12
	• известь		кг/т	10
	• плавиковый шпат		кг/т	1
	• огнеупоры		кг/т	2,5
	• электроды		кг/т	0,4
	• шлакообразующие смеси		кг/т	0,2
5	Расходы энергоресурсов на 1 т г/к продукции:			
	• электроэнергия:	– АКП	кВт·ч/т	40*
		– УВС	кВт·ч/т	8,7
		– МНЛС ЛПК	кВт·ч/т	11,3
		– туннельная печь	кВт·ч/т	8,6
		– индукционная печь	кВт·ч/т	9,6**
		– прокатный стан	кВт·ч/т	57,3
		– Прочие (разливка, гидравлика печи и стана, системы смазки печи и стана, окалиноломатели)	кВт·ч/т	8,6
	• кислород		нм ³ /т	3,3
	• природный газ	– МНЛС ЛПК	нм ³ /т	1,5
		– туннельная печь	нм ³ /т	2,5
		– вспомогательное оборудование	нм ³ /т	7,5
	• аргон	(АКП, УВС, МНЛС ЛПК)	нм ³ /т	0,7
	• азот	(АКП, УВС)	нм ³ /т	0,4
• пар		т/т	0,1	
• сжатый воздух	(МНЛС ЛПК, прокатный стан, вспомогательное оборудование)	нм ³ /т	48	
6	ФРВ	Рабочих на новых участках ККЦ–2	чел.	72
7	ФРВ	Рабочих на ЛПК	чел.	186

*) без учета газоочистки АКП

**) среднее с учётом общего сортамента.

1. В ходе сравнения трех вариантов расположения литейно–прокатного комплекса и объектов вспомогательного назначения на площадке комбината оптимальной с точки зрения объема демонтажных работ и работ по переносу зданий и коммуникаций является площадка на северо–востоке от существующего ККЦ-2 (вариант размещения 1).

2. В ходе сравнения трех имеющихся технологий производства горячекатаной полосы в условиях производственной программы «ЕВРАЗ-ЗСМК» рекомендуется остановиться на комбинированной технологии как оптимальной с точки зрения возможности производства всего требуемого сортамента, так и операционных затрат на производство 1 т продукции.

3. Для производства полосы толщиной 16–25,4 мм требуется установка нового кристаллизатора МНЛЗ для получения слябов большей толщины, замена секции мягкого обжатия и установка третьего усиленного наматывателя.

4 Охрана труда

4.1 Общие требования безопасности

При обнаружении опасной ситуации, угрожающей жизни или здоровью персонала звонить по телефону: 59-19-61 – приемная управления по ОТ и ПБ или 59-30-11 – начальник ООТ.

«ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» – предприятие с законченным металлургическим циклом в составе коксохимического производства, агломерационного, доменного, сталеплавильного, прокатного и сталепрокатного производств, и филиала «Западно-Сибирская ТЭЦ» - филиал АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

В производственных процессах общества (комбината) выделяются, получают, используются легковоспламеняющиеся жидкости (бензол, толуол и др.), токсичные, взрывоопасные газы и пары, расплавленные и нагретые до высокой температуры металлы, шлаки, перегретый пар, горячая вода. В больших объемах вырабатываются кислород, азот, аргон.

На территории Общества плотно развита сеть железнодорожных путей, шоссежных дорог с интенсивным движением поездов, автомобилей и других транспортных средств.

Цехи Общества насыщены электрооборудованием, в том числе с напряжением свыше 1000 вольт, механизмами с движущимися и вращающимися частями, различного типа кранами и другими подъемными сооружениями.

Наличие вредных и опасных производственных факторов определяет большинство подразделений Общества, как опасные производственные объекты (Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ).

В связи с наличием вредных и опасных условий производства в Обществе действуют «Особые требования к производственной и технологической дисциплине».

При нахождении на территории предприятия работники подразделений, подрядных (субподрядных) организаций, посетители, работники сторонних организаций, с которыми предприятие заключило гражданско-правовые договоры, и любые иные лица обязаны применять комплект СИЗ надлежащего качества со-ответствующих требованиям законодательства, локальных нормативных актов Общества, условий труда, знаков безопасности. Зоны на территории предприятия, не требующие обязательного применения СИЗ.

Обязательный комплект СИЗ при нахождении в производственном помещении: спецодежда, спецобувь, защитная каска с подбородочным ремнем, защитные очки, защитные перчатки. Спецодежда должна быть застегнута на все пуговицы. На производственных участках должны размещаться знаки безопасности, информирующие об опасных и вредных факторах, действующих на участке и необходимости применения дополнительных СИЗ.

С целью исключения самопроизвольного падения защитной каски с головы подбородочный ремень должен быть застегнут.

Зонами, не требующими постоянного обязательного применения СИЗ при отсутствии опасных и вредных производственных факторов, определены следующие территории:

- стоянки автотранспорта (кроме стоянки технологического автотранспорта на рудном дворе Доменного цеха);
- помещения административного и хозяйственно-бытового назначения, в т. ч. здания административно бытового корпуса комбината (АБК), столовые, душевые, туалеты, учебные классы, медицинские кабинеты, комнаты отдыха и иные не производственные помещения;
- установленные безопасные маршруты движения работников по территории Общества вне производственных помещений;
- кабины/салоны личного автомобильного транспорта, а также кабины/салоны прочих транспортных и технических средств, предназначенных исключительно для перевозки пассажиров.

В полностью закрытых кабинах/салонах транспортных и технических средств, не предназначенных для перевозки пассажиров, в закрытых и застекленных постах управления производственных агрегатов при отсутствии опасных и вредных производственных факторов, допускается нахождение только в специальной одежде и специальной обуви, без защитной каски, защитных перча-ток, очков, если более строгие требования не предусмотрены нормативно-правовыми актами Российской Федерации и локальными нормативными актами комбината.(41)

4.2 Требования безопасности при работе на агрегатах, машинах, станках и механизмах

Строительство Рабочие, руководители и специалисты обязаны постоянно следить, чтобы все движущиеся, вращающиеся части агрегатов, машин, механизмов были надежно ограждены.

Прессы, гильотинные ножницы, штамповочные устройства должны иметь приспособления, исключающие попадание рук под режущие, штампующие части механизмов.

Гильотинные ножницы, гибочные механизмы должны включаться при одновременном нажатии двух включающих устройств. При включении механизма реза, прессования от ножной педали режущая часть ножниц, пресса должна быть закрыта ограждениями, исключающими попадание рук под нож или пуансон пресса.

Передавать детали, предметы, материалы и т.п. через вращающиеся, движущиеся части машин, механизмов запрещается.

Рабочие, управляющие механизмами, агрегатами, машинами, оборудованными предупредительной и рабочей (звонки, гонги и т.п.) звуковой и световой сигнализацией, обязаны ежемесячно проверять и следить за её действием в течение смены.

Отклонения от ведения технологического процесса должны отражаться в журнале приема и сдачи смены.

При передаче смены должны проверяться все устройства и средства безопасности в соответствии с обязанностями, передающего смену.

Результаты осмотра должны заноситься в журнал приема и сдачи смены. Обнаруженные неисправности должны быть устранены.

Не работать на машинах, механизмах, агрегатах без действующих сигналов.

Не допускается эксплуатация агрегатов, машин и механизмов, не имеющих технической документации (паспорт, руководство по эксплуатации). Неисправные агрегаты, машины и механизмы должны быть отключены от энергоносителей с разборкой схемы и снабжены табличкой: "Агрегат выведен из эксплуатации распоряжением по подразделению с указанием номера и даты распоряжения".

Перед пуском машины, механизма, станка:

- не полностью обзореваемых от места нахождения пусковых устройств и не оборудованных предупредительной сигнализацией, необходимо убедиться в отсутствии людей вблизи движущихся частей;

- узлы которых или весь агрегат в процессе работы перемещаются, должны подаваться звуковые сигналы продолжительностью не менее 10 сек; возможно дублирование звуковой сигнализации световыми сигналами.

Дистанционный пуск механизмов, не обзореваемых с пульта управления, должен осуществляться после получения от работников ответных сигналов по двусторонней системе связи, подтверждающих безопасность пуска механизмов и их готовность к пуску.

На рабочих местах должны быть таблички, поясняющие значение применяемых средств сигнализации.

Горячие, расплавленные металлы и шлаки представляют опасность ввиду их высокой температуры (10000 – 16000 С), разлетающихся брызг жидкого металла и шлака, которые при попадании на не огнестойкую хлопчатобумажную спец-одежду вызывают ее загорание одновременно на большой площади.

От металла, нагретого до высоких температур, выделяется лучистая энергия, вредно действующая на зрение при наблюдении за нагретым и расплавленным металлом без средств защиты глаз.

Попадание жидкого, расплавленного шлака и металла на сырую, влажную поверхность или воду, снег, лед неизбежно приводит к взрыву и выбросу расплавленных брызг металла (шлака), большого количества пара.

Жидкий чугун при остывании выделяет окись углерода (СО) и опасен при разливании его в замкнутом объеме.

Рабочие площадки вокруг сталеплавильных агрегатов (конвертеры, электропечи, миксеры, индукционные печи), доменных печей, вагранок, разливочных машин должны быть сухими, без следов влаги, без снега и льда. Рабочий инструмент для операций с жидким металлом (ложки для взятия проб, изложницы для проб, приема металла, пики и т.п.) должен быть сухим и прогретым. Места слива чугуна, стали, шлака в ковши должны быть под крышей или специально перекрыты навесами. Территория в этих местах на нулевой отметке должна быть сухой.

Составы, предназначенные для приема чугуна из доменных печей, составы с изложницами для приема жидкой стали, при раздевании слитков в отделениях раздевания слитков на железнодорожных путях должны крепиться деревянными клиньями, башмаками и ограждаться светофорами или предупредительными плакатами, запрещающими движение людей вдоль состава и возле локомотива.

При аварийной разливке стали в изложницы (без затвора) дополнительно выставляются посты. (41)

4.3 Обучающиеся, направляемые на производственную практику:

Проходят обучение по охране труда, в порядке, установленном СТО ИСМ 3-02-2013 «Обучение и проверка знаний рабочих по охране труда, промышленной и экологической безопасности».

На весь срок практики закрепляются распоряжением по структурному подразделению за руководителем практики (инструктором производственного обучения), из числа высококвалифицированных рабочих для обучающихся, осваивающих в рамках основных образовательных программ среднего профессионального образования программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих), и из числа руководителей и специалистов для обучающихся, осваивающих в рамках основных образовательных программ среднего профессионального образования программы специалистов среднего звена, высшего образования, ознакомленным с данной инструкцией, - но не более пяти человек за одним руководителем практики.

Все работы, к которым привлекаются обучающиеся, выполняются в рамках программы практики в целях приобретения ими умений, навыков и опыта практической работы по изучаемой специальности (профессии), направлению подготовки (профилю подготовки), под непосредственным руководством и контролем закрепленного за ними руководителя практики (инструктора производственного обучения) от структурного подразделения Общества.

Во время прохождения практики обучающимися изучаются, отрабатываются и закрепляются:

- требования по безопасному содержанию рабочего места;
- Опасности и риски на рабочем месте;
- способы и приёмы безопасного выполнения работ, правила использования технологического оборудования, инструмента, оснастки и приспособлений;
- основные виды отклонений от нормативного технологического режима и методы их устранения;
- действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций, в том числе действия работников данной профессии в соответствии с Планом ликвидации аварий;

- требования к применению работниками спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты, контролю состояния средств коллективной защиты;

- правила безопасности при эксплуатации транспортных средств, грузоподъёмных механизмов, приспособлений, тары.

Обучающийся немедленно ставит в известность руководителя практики (инструктора производственного обучения) о перемещениях, не предусмотренных выполнением работ, об изменении самочувствия, получении даже незначительных травм. (42)

4.4 Требования безопасности при передвижении по территории и производственным помещениям

От проходных к административно-бытовым корпусам цехов следовать по установленным в Обществе маршрутам. Идти по тротуарам; при отсутствии тротуаров следовать по левой стороне дороги навстречу движущемуся транспорту не более двух человек в ряд. Встречный транспорт пропускать, отойдя с проезжей части и остановившись. Переходить дорогу под прямым углом к краю проезжей части. Обращать внимание на выставленные предупредительные знаки, ограждения, обходить их в указанном направлении.

При входе в производственное помещение остановиться, прислушаться к сигналам кранов, механизмов, привыкнуть к освещению и продолжать движение по маршрутам, обозначенным указателями или сигнальными линиями.

Перед выполнением работы в местах имеющих оледенения, снежные наносы, маршрут передвижения следует привести в состояние обеспечивающее безопасное выполнение регламентируемой работы (расчистить снег, посыпать песком). Лица ответственные за содержание в безопасном состоянии в зимний период мест передвижения на открытых заснеженных участках обязаны обеспечивать наличие запаса песка, щебня мелкой фракции в установленных местах, для выполнения подсыпки пешеходных дорожек при гололеде, в период оттепели и выпадения атмосферных осадков.(43)

Заключение

В настоящей работе представлена технология производства в кислородно-конвертерном цехе №2 АО ЕВРАЗ ЗСМК, с приведением сортамента по маркам стали и видам заготовок.

Проведен обзор актуальных направлений повышения эффективности производства. Приведены примеры мировых практик металлургических производств, имеющих в своем арсенале современные литейно- прокатные комплексы.

Проведен сравнительный анализ технико-экономических показателей 3 вариантов технологий литейно-прокатных комплексов (ЛПК) с точки зрения возможности строительства в рамках ККЦ-2 ЕВРАЗ ЗСМК, расположения ЛПК и объектов инфраструктуры, технических характеристик и операционных затрат на производство 1 т продукции:

- непрерывная
- периодическая
- комбинированная (непрерывная/периодическая)

Выбран оптимальный состав оборудования для получения максимальной выгоды и перспективы развития.

Проведена оценка бюджетной стоимости строительства литейно-прокатного комплекса и объектов инфраструктуры на трех вариантах технологии производства. Срок окупаемости.

Разработка и внедрение проекта по строительству ЛПК приведет к расширению сортамента, заполнению регионального рынка по листовому прокату и повышению конкурентной способности предприятия.

Список использованных источников

1. ЕВРАЗ ЗСМК - <http://rus.evraz.com/enterprise/steel/zsmk/history/>
2. ПТИ 899-ККЦ-2-38-15 Эксплуатация и обслуживание конвертеров емкостью 300 тонн [Текст]; Новокузнецк: АО Евраз ЗСМК, 2015. – 25 с.
3. ПТИ 899-ККЦ-2-54-2015 Эксплуатация и обслуживание оборудования двухпозиционного агрегата ковш-печь (АКП) кислородно-конвертерного цеха №2 [Текст]; Новокузнецк: АО ЕВРАЗ ЗСМК, 2015. – 68 с.
4. ТИ 899-ККЦ-2-01-2014 Выплавка внепечная обработка стали на УВОС и разливка стали в изложницы в конвертерном цехе №2 [Текст]; Новокузнецк: АО ЕВРАЗ ЗСМК, 2014. – 119 с.
5. ПТИ 899-ККЦ-2-89-2015 Эксплуатация машин непрерывного литья заготовок [Текст]; Новокузнецк: АО Евраз ЗСМК, 2014. – 149 с.
6. Технический паспорт конвертерного цеха №2 [Текст]; Новокузнецк: АО ЕВРАЗ ЗСМК, 2004. – 81 с.
7. Григорьев В. П. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства [Текст] : учебник для вузов / В. П. Григорьев и [д.р.]; – Москва - МИСИС : 1995. – 512 с.
8. Mao X., Wang S. Exploration and Innovation: 30 Years' De-velopment of Thin Slab Casting and Direct Rolling Technology / Intern. Symp. on Thin Slab Casting and Direct Rolling. Wuhan (China). 2018. / Ibid. P. 2-11.
9. Tsai H.T. Development and Current Status of Thin Slab Casting in USA / Ibid. P 18-25.
10. Мунтин А.В., Куренной Ю.М., Колесников А.Г. Современные технологические решения и оборудование для производства ультратонкой горячекатаной полосы // Производство проката. 2016. № 8, С. 13-21.
11. Салганик В.М., Гун И.Г., Карандасв А.С., Радионов А.А. Тонкослябовые литейно-прокатные агрегаты для производства стальных полос: Учебное пособие. М. : МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2003. 506 с.

12. Лисин В.С., Селянинов А.А. Модели и алгоритмы расчета термомеханических характеристик современных литейно-прокатных процессов. М.: Высш. Школа. 1995. 144 с.
13. Науменко В.В., Мунтин А.В., Червонный А.В., Эфрон Л.И. Влияние микролегирования на микроструктуру и уровень механических свойств рулонного проката класса прочности К56, произведенного в условиях ЛПК // Сталь. 2015. № 7. С. 50-56.
14. Червонный Л.В., Науменко В.В., Мунтин А.В. и др. Микролегирование хладостойких трубных сталей для производства рулонного проката на литейно-прокатном комплексе // Сталь. 2015. № 9. С. 56-61.
15. Мунтин Л.В., Частухин Л.В., Червонный Л.В. и др. Разработка технологии производства рулонного проката трубного назначения класса прочности К60, производимую в условиях литейно-прокатного комплекса // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2016. № 3. С. 17-25.
16. Червонный Л.В., Науменко В.В., Мунтин А.В. и др. Разработка системы микролегирования для производства хладостойкого рулонного проката трубного назначения в условиях ЛПК // Металлург, 2016. № 10. С. 38-44.
17. Метс А. Ф. Организация производства в прокатных цехах [Текст] / – А.Ф. Метс – Москва: Металлургия, 2003. – 260 с.
18. World Direct Reduction Statistics // Midrex [Электронный ресурс]: URL: <https://www.midrex.com/assets/uscr/news/Midrex StatsBook2016.pdf>. Дата обращения: 22.05.19.
19. Jungbauer A., Wersching G., Viehbock A., Linzer B. Achievements at Rizhao Steel's New ESP Complex Setting New Standards / Intern. Symp. on Thin Slab Casting and Direct Rolling. Wuhan (China). 2018. P. 375-380.
20. Lee S.H. CEM Process: POSCO's Innovative Endless Rolling Process of TSCR / Ibid. P. 12-17.
21. Qin Z., Yu Y., Zhao W. et al. Development and Application of ESP Products in Rizhao Steel / Ibid. 2018. P. 49-58.

22. Pigani A., Bobig P., Knights M. Danieli Universal Endless - DUE the First-ever Universal solution for Flat Products SGJT Leads the Way for the Future of Thin Slab Casting & Rolling / Ibid. P. 66-69.
23. Kang Y., Tian P., Chen L. et al. Characteristics Analysis of Process, Microstructure and Properties of Hot Rolled Low-carbon and Extra Low-carbon Steels by ESP / Ibid. P. 33-43.
24. Isasti N., Uranga P., Rodriguez-Ibabe J.M. et al. Quality and Performance Improvements of Nb Microalloyed Steels Based on Modeling Approaches for TSCR Route / Ibid. P. 130-136.
25. Xia J., Huo X., Li L. et al. Recrystallization Behavior of Ti Microalloyed High Strength Steel Produced by CSP Process / Ibid. P. 121-125.
26. Hennessy D., De Amar K., Mahimkar C. et al. Technological Exploitation of a New Flex Mill at Big River Steel, USA for the Production of Advanced Grades of Steel / Ibid. P. 44-48.
27. Zhou X., Qin Z., Liu Z. et al. Production Practice of High Quality DP600 Steel Based on ESP Process / Ibid. P. 151—155.
28. Yang G., Mao., Zhao G. et al. Microstructure and Mechanical Properties of TR1P600 Steel Produced by Simulated CSP Process / Ibid. P. 278 282.
29. Miao X., Zhao G., Xu Y., Huang H. Investigation of Continuous Cooling Phase Transformation on 22MnB5 Hot Stamping Steel / Ibid. P. 294-298.
30. Wang Z., Han R., Hu K., Deng Z. Effect of Heat-treatment Process on Microstructure Evolution of Ultra-high Strength Hot Stamping Steel / Ibid. P. 227-230.
31. Li H., Zhang J., Gao X. et al. Production Practice of 22MnB5 for Hot Stamping by FTSR Process at Tangsteel / Ibid. P. 227—230.
32. Fan J., Yu Y., Du M. et al. Applied Research on Hot Stamping Steel Produced by Thin Slab Casting and Direct Rolling for Automobiles / Ibid. P. 107-120.
33. Hu K., Mao X., Gong T. et al. Development and Application of a Press Hardening Steel Produced by Thin Slab Casting and Directly Rolling / Ibid. P. 137-141.

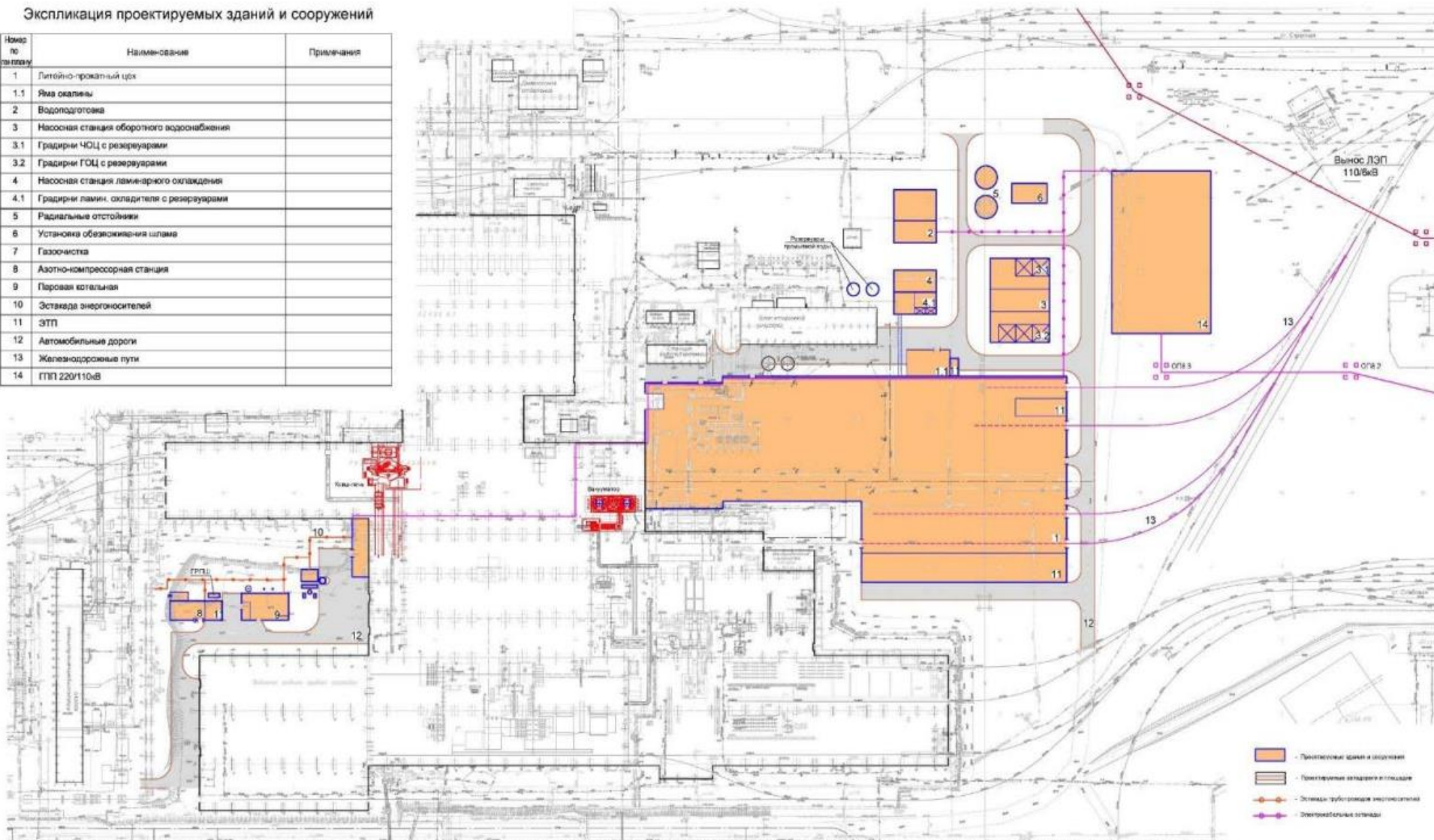
34. Xiao L., Chen W., Wu D., Zhang Z. The Production of Medium High Carbon Steel of CSP / Ibid. P. 258-262.
35. Tian Z., Wang M., Wang S. et al. Study on ESP 1 High Carbon Steel Mould Powder / Ibid. P. 514-517.
36. Cai Z., Wang S., Xu J. et al. Impact of Hot Rolling Process on Microstructure and Properties, of High Carbon Strip Steel. P, 204-209.
37. Bao S, Xu S., Zhao C. et al. Effect of Coiling temperatures on the Microstructure and Mechanical Properties of Hot-Rolled Strip of Alloy Tool Steel SKS51 Produced by TSCR Process / Ibid. P. 289-293.
38. He F., Pei Y. Huang S. et al, Study on Hot Rolling Precipitation Behavior of Low and Medium Grade Non-oriented Silicon Steel / Ibid. P. 263-268
39. Метс А. Ф. Совершенствование организации, планирования и управления в прокатном производстве [Текст]/ – Метс А. Ф., Абакумова Н. В. // *Металлургия* 2001, – 232 с.
40. ТИ СМК 7.5-30-2017 Структура выпускной квалификационной работы [Текст] – Введ. 26.05.2017 –Новокузнецк: ФГБОУ ВО СибГИУ 2017. – 32с
41. ИОТ ЕВРАЗ ЗСМК-001-2016 Для работающих в АО «ЕВРАЗ Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат», с изм. №1 (приказ от 08.08.2018 №0639), с изм. №2 (приказ от 16.05.2019 №0391), с изм. №3 (приказ от 31.12.2019 № 060/0032) [Текст]; Новокузнецк: АО Евраз ЗСМК, 2016. – 64 с.
42. ИОТ ЗСМК– 002 – 2014 Для руководителей практики от учебных заведений, учащихся высших и средних специальных учебных заведений и профессиональных училищ во время прохождения практики, а также для лиц, находящихся на территории комбината во время экскурсий и других мероприятий [Текст]; Новокузнецк: АО Евраз ЗСМК, 2014. – 9 с.
43. ИОТ ЕВРАЗ ЗСМК-011-2019 При передвижении по территории и производственным помещениям работников АО «ЕВРАЗ

Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат»
[Текст]; Новокузнецк: АО Евраз ЗСМК, 2019. – 22 с.

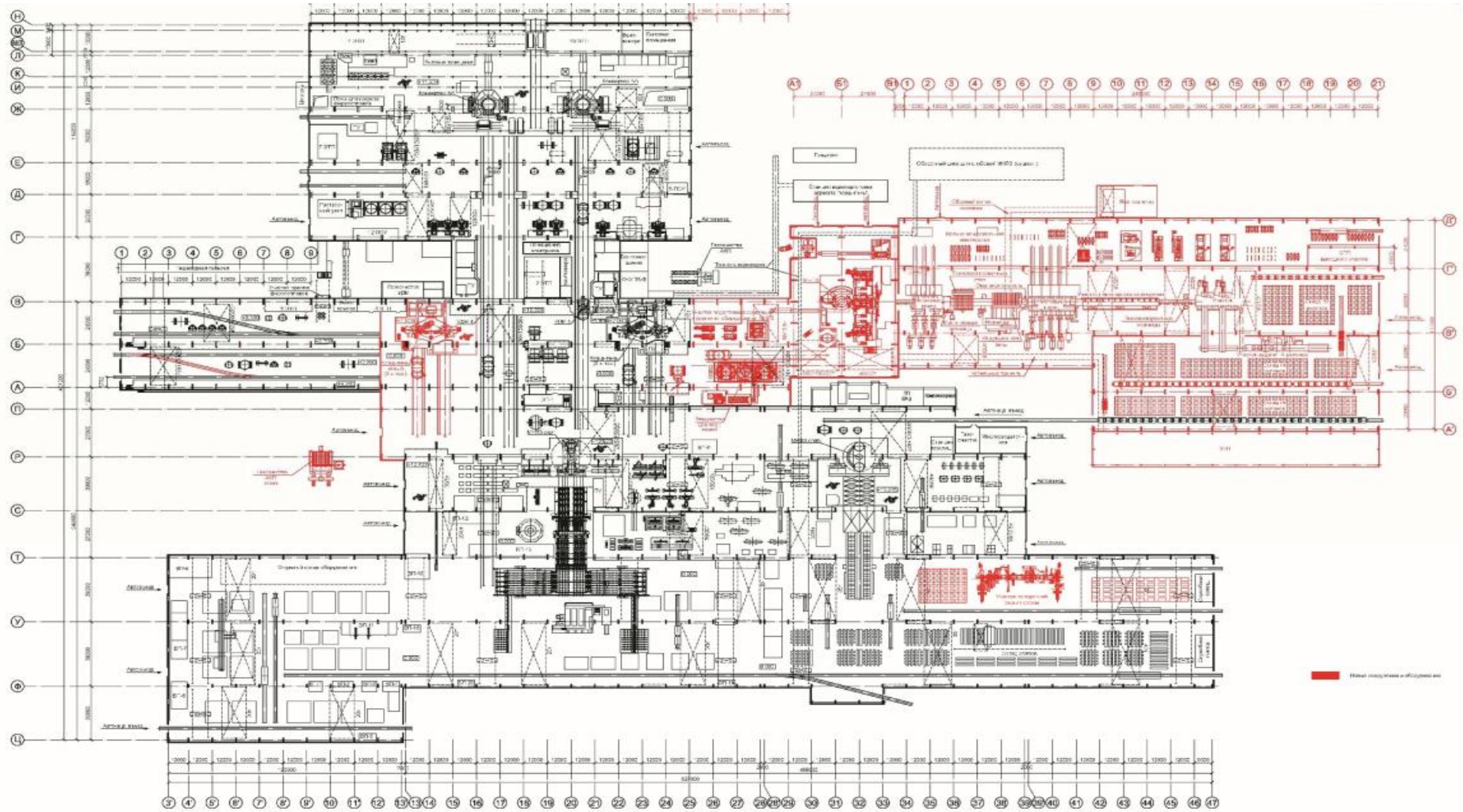
Вариант расположения ЛПК № 1 (ЛНПП). Северо-восточная сторона ККЦ-2. Ситуационный план

Экспликация проектируемых зданий и сооружений

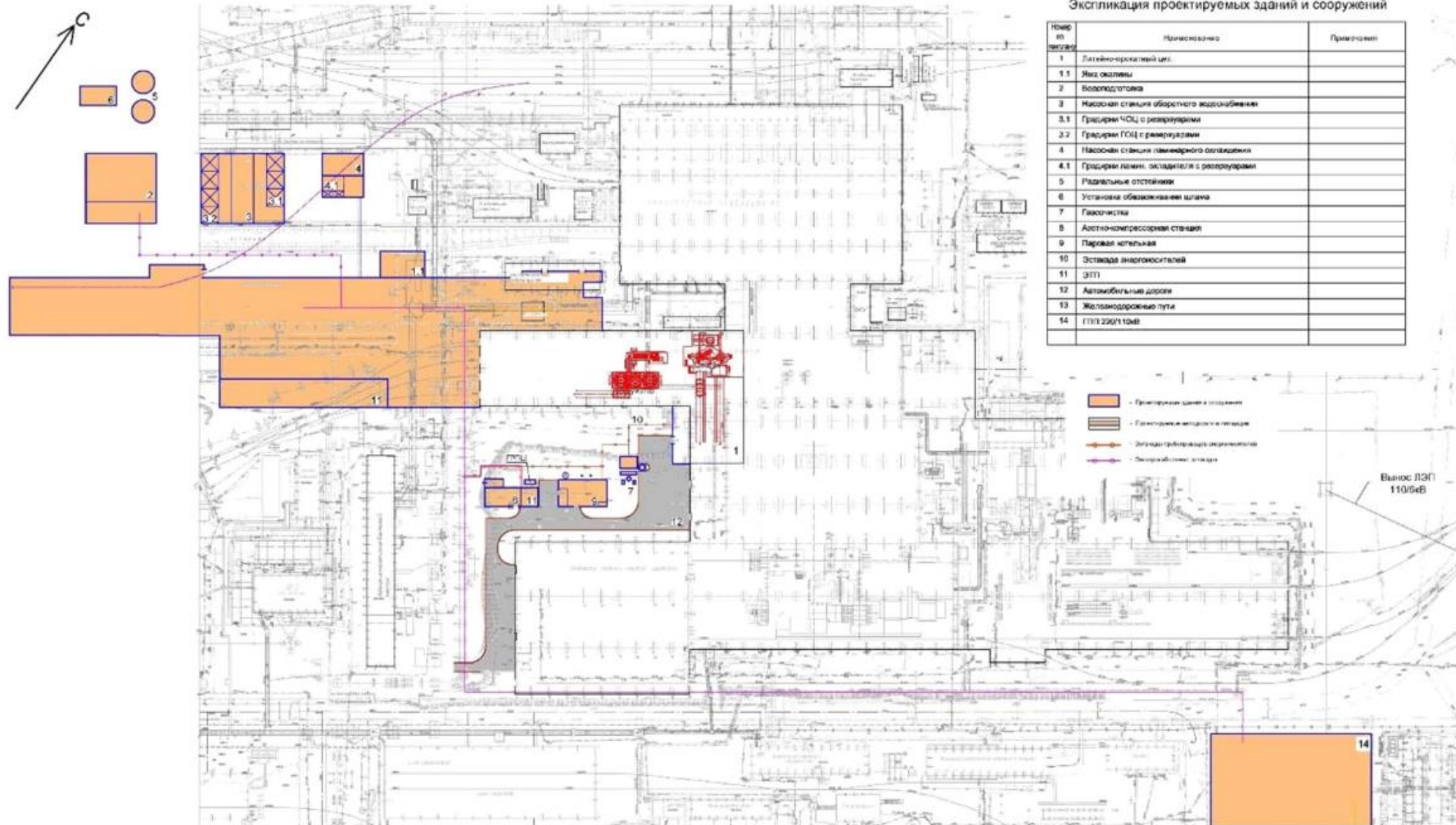
№ по плану	Наименование	Примечания
1	Литейно-прокатный цех	
1.1	Яма окатышей	
2	Водоподготовка	
3	Насосная станция оборотного водоснабжения	
3.1	Градирни ЧОЦ с резервуарами	
3.2	Градирни ГОЦ с резервуарами	
4	Насосная станция ламинарного охлаждения	
4.1	Градирни ламинарного охлаждения с резервуарами	
5	Радиальные отстойники	
6	Установка обезжелезивания шлама	
7	Газоочистка	
8	Азотно-компрессорная станция	
9	Паровая котельная	
10	Эстакада энергоносителей	
11	ЭТП	
12	Автомобильные дороги	
13	Железнодорожные пути	
14	ГПП 220/110кВ	



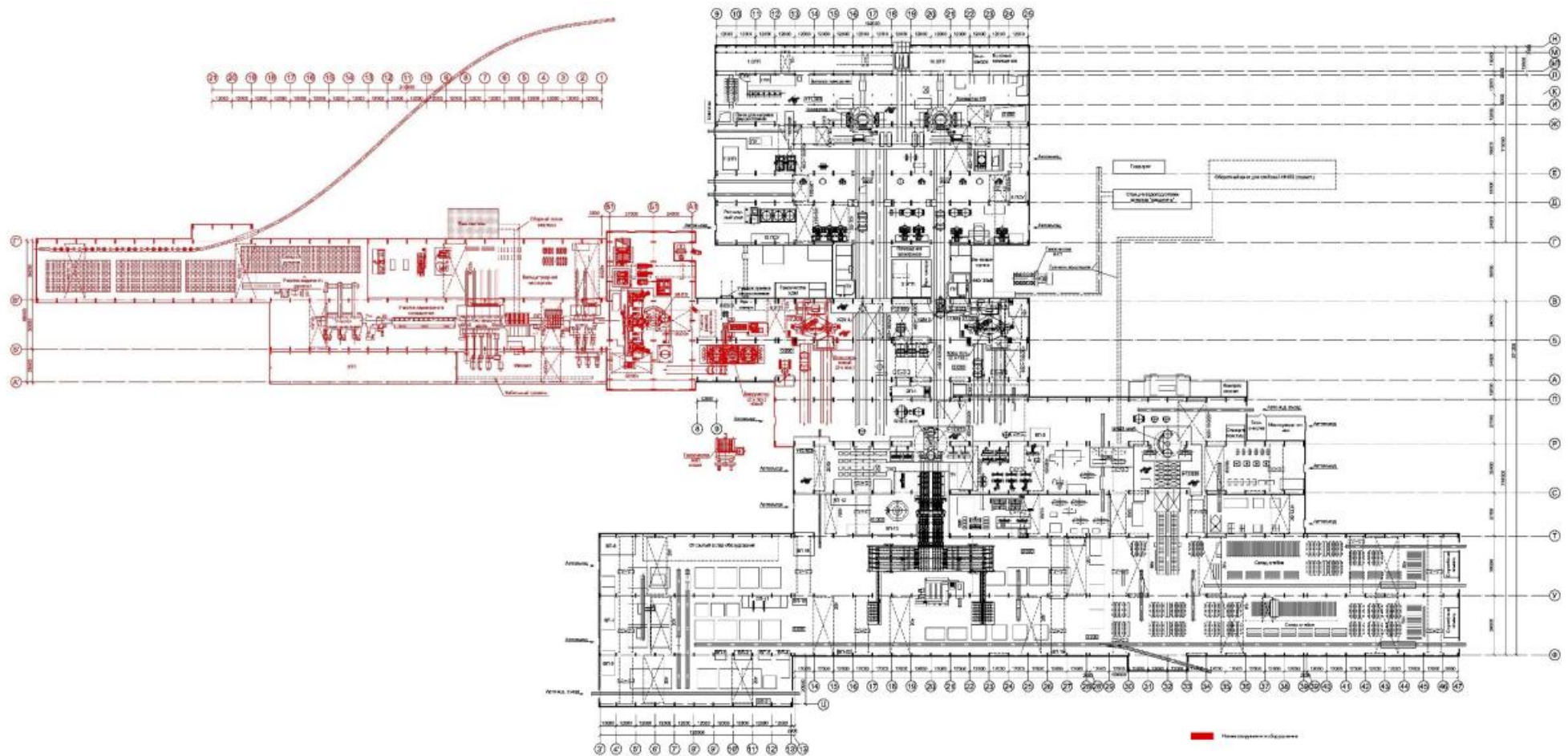
Вариант расположения ЛПК № 1 (ЛНПП). Северо-восточная сторона ККЦ-2. Планировка цеха



Вариант расположения ЛПК № 2 (ЛНПП). Юго-западная сторона ККЦ-2. Ситуационный план




Вариант расположения ЛПК № 2 (ЛНПП). Юго-западная сторона ККЦ-2. Планировка цеха

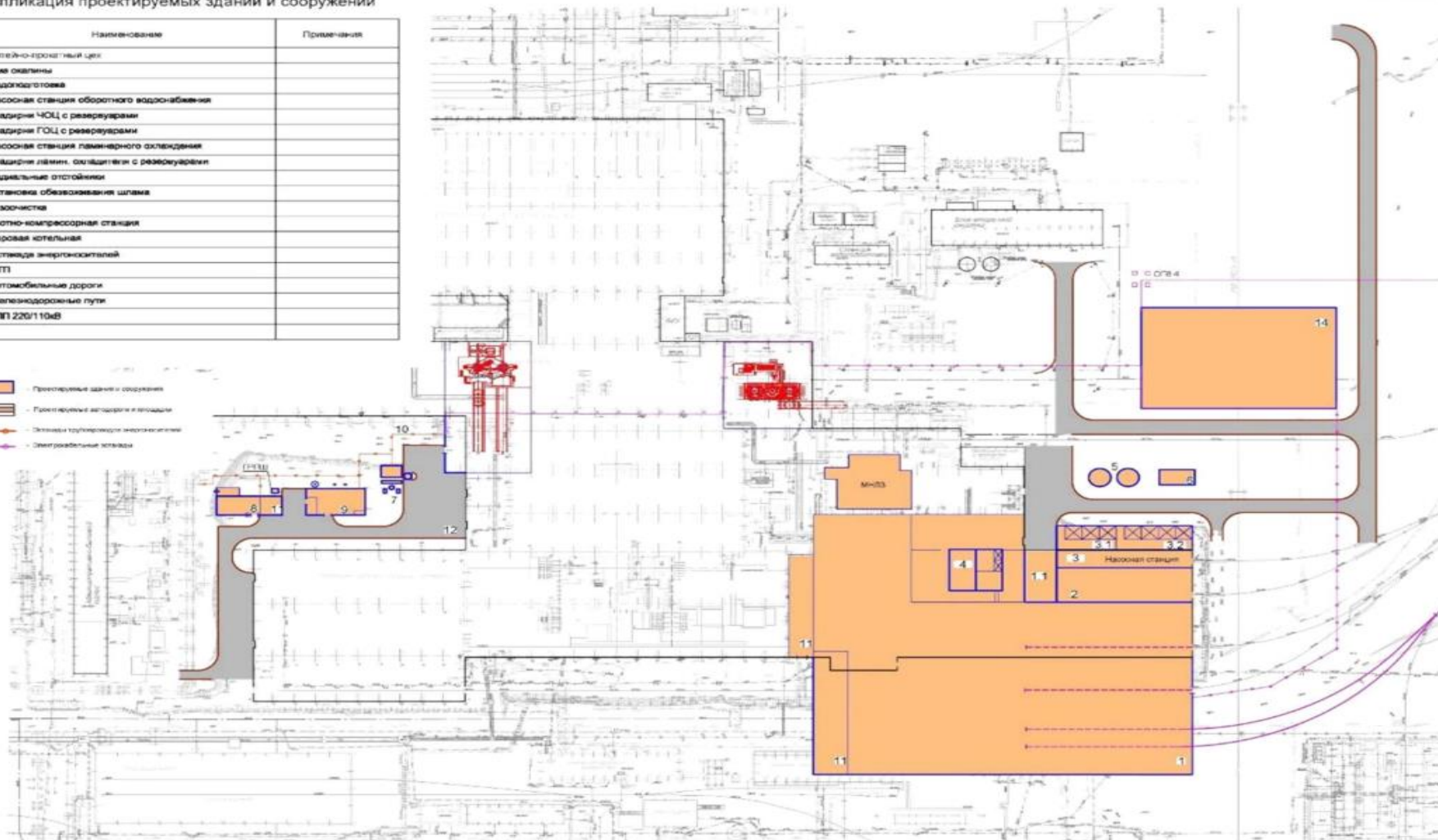


Вариант расположения ЛПК № 3 (ЛНПП). Юго-восточная сторона ККЦ-2. Ситуационный план

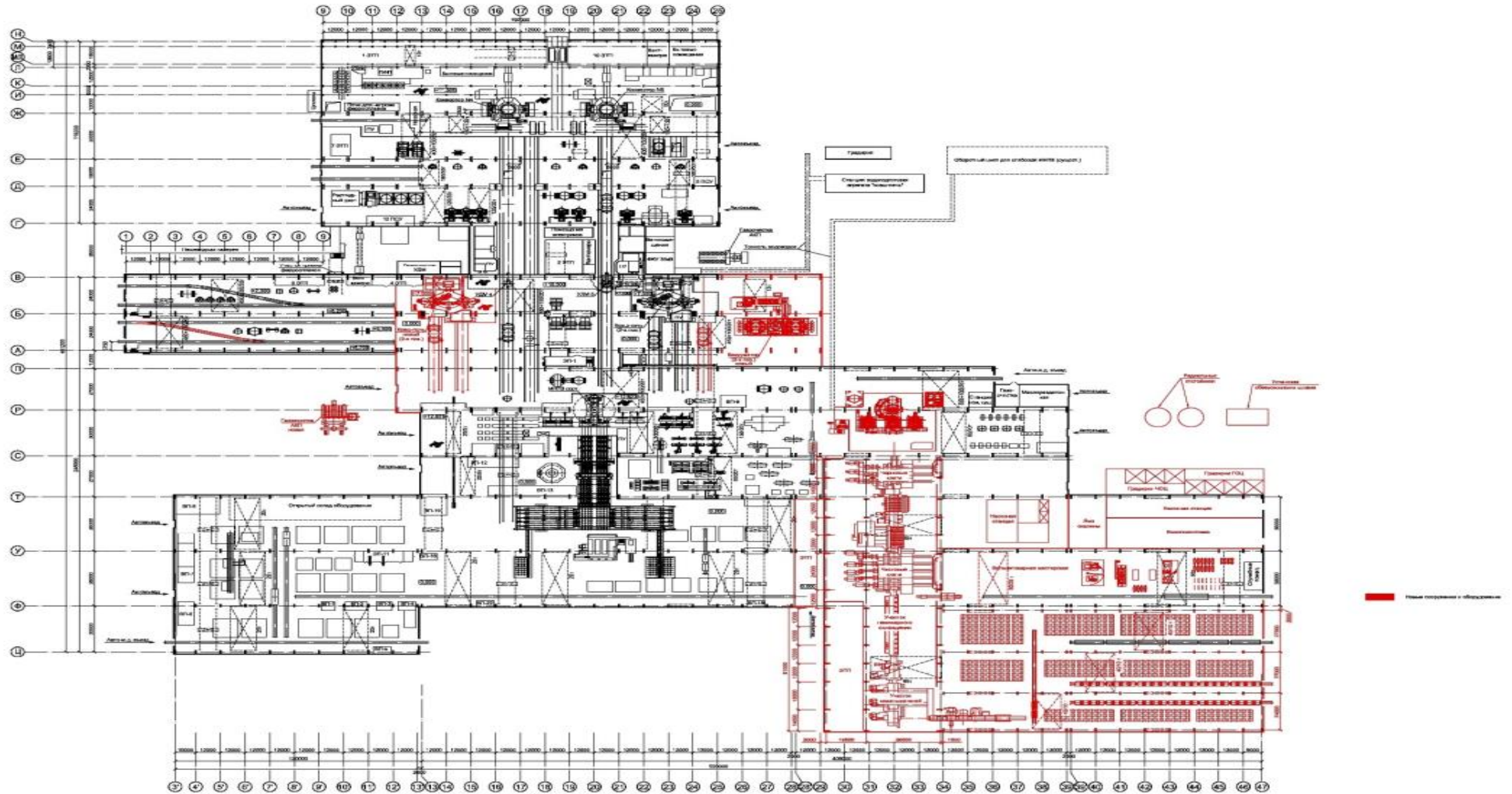
Экспликация проектируемых зданий и сооружений

№ по плану	Наименование	Примечания
1	Литейно-прокатный цех	
1.1	Яма окатыша	
2	Водоподготовка	
3	Насосная станция оборотного водоснабжения	
3.1	Градирни ЧОЦ с резервуарами	
3.2	Градирни ГОЦ с резервуарами	
4	Насосная станция планарного охлаждения	
4.1	Градирни линии охлаждения с резервуарами	
5	Разливные отстойники	
6	Установка обезжелезивания шлама	
7	Газокислота	
8	Азотно-компрессорная станция	
9	Паровая котельная	
10	Эстакада энергокислителей	
11	ЭТП	
12	Автомобильные дороги	
13	Железнодорожные пути	
14	ГПП 220/110кВ	

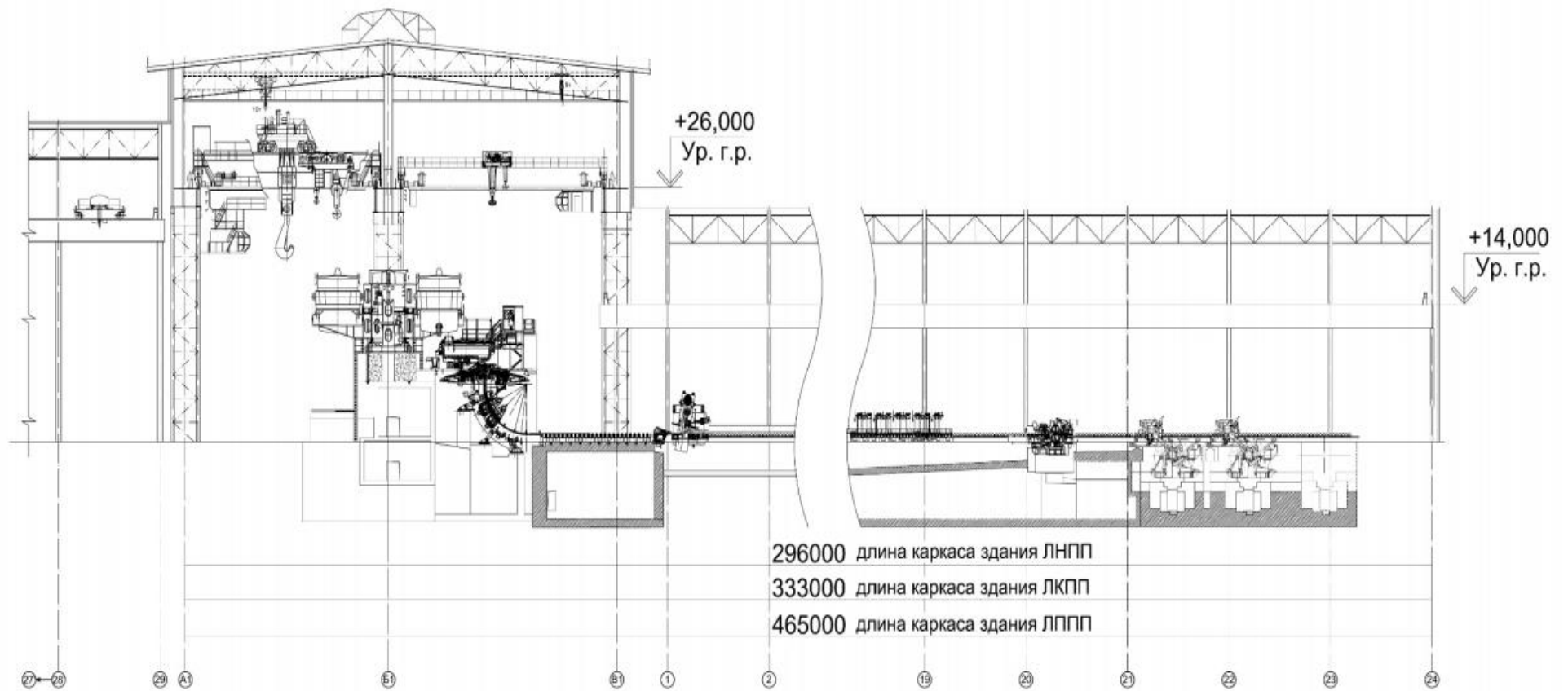
-  - Проектируемые здания и сооружения
-  - Проектируемые территории и площадки
-  - Эстакада трубопроводов энергокислителей
-  - Электроводяные эстакады



Вариант расположения ЛПК № 3 (ЛНПП). Юго-восточная сторона ККЦ-2. Планировка цеха



Разрез линии прокатки ЛПК



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра «Обработки металлов давлением и металловедения. ЕВРАЗ ЗСМК»

ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

выпускной квалификационной работы:

Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса

в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

ОБУЧАЮЩИЙСЯ _____
(подпись)

Вахроломеев Владимир Анатольевич
(фамилия, имя, отчество)

допущен к защите в государственной экзаменационной комиссии «10» июля 2020г.

Руководитель _____
д.т.н., профессор
(подпись)

Фастыковский А.Р.

Заведующий кафедрой _____
д.т.н., профессор
(подпись)

Фастыковский А.Р.

Директор института
ИМиМ _____
д.т.н., профессор
(подпись)

Галевский Г.В.

Нормоконтроль _____
д.т.н., профессор
(подпись)

Фастыковский А.Р.

Новокузнецк

2020 г.

Спецификация графической части

Формат	№ листа/ слайда	Обозначение	Наименование			Кол.	Примечание	
A4	1		Титульный лист презентации			1		
A4	2		Цель и задачи выпускной квалификационной работы			1		
A4	3		История становления ЗСМК			1		
A4	4		Характеристика кислородно-конвертерного цеха №2			1		
A4	5		Развитие технологий литейно-прокатного комплекса			1		
A4	6		Отделение непрерывной разливки стали			1		
A4	7		Распределение ЛПК в мировой металлургии			1		
A4	8		Развитие технологий литейно-прокатного			1		
A4	9		Строительство литейно-прокатного комплекса			1		
A4	10		Размещение ЛПК на базе ККЦ-2			1		
A4	11		Сравнительный анализ технологических линий ЛПК			1		
A4	12		Разрез линии комбинированной прокатки (ЛКПП)			1		
A4	13		Варианты технологии: ЛНПП			1		
A4	14		Варианты технологии: ЛППП			1		
A4	15		Варианты технологии: ЛКПП			1		
A4	16		Сравнение технологических линий производства г/к полосы			1		
A4	17		Затраты на строительство ЛПК			1		
A4	18		Затраты на эксплуатацию ЛПК с расчетом себестоимости продукции			1		
A4	19		Расходы основных энергоносителей и сред			1		
A4	20		Технические характеристики оборудования ЛКПП			1		
A4	21		Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии			1		
A4	22		Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии			1		
A4	23		Спасибо за внимание!			1		
					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	По дп.	Дата				
Разраб.		Вахроломеев В.А.			Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	2	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						



Институт открытого образования
Кафедра «Обработки металлов давлением и
металловедение. ЕВРАЗ ЗСМК»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса в
условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»

Выполнил:

обучающийся гр. МММ-18
Ф.И.О. Вахроломеева В. А.

Руководитель:

д.т.н., доцент
Ф.И.О. Фастыковский А.Р.

Новокузнецк
2020

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахроломеев В.А.			Оценка перспектив строительства литейно-прокатного комплекса в условиях АО «ЕВРАЗ ЗСМК»	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	3	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Цель ВКР – Модернизация сталеплавильного производства и расширение сортамента прокатной продукции за счет совмещения технологических процессов разливки и прокатки стали, с сокращением затрат на переделах для повышения конкурентоспособности предприятия.

Задачи ВКР:

- Рассмотреть перспективы литейно-прокатных комплексов (ЛПК).
- Рассмотреть возможную площадку для строительства.
- Проработать варианты исполнения ЛПК и сортament.
- Выделить на основании технико-экономических показателей оптимальный состав оборудования.

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Цель и задачи выпускной квалификационной работы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	4	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

История становления ЗСМК

ЕВРАЗ является вертикально-интегрированной металлургической и горнодобывающей компанией с активами в России, США, Канаде, Италии и Казахстане.

Западно-Сибирский металлургический комбинат расположен в городе Новокузнецке Кемеровской области - Кузбассе, которая является центром промышленности на востоке России.

ЗСМК имеет замкнутый металлургический цикл и является крупнейшим предприятием отрасли в сибирском регионе, предназначен для обеспечения внешних и внутренних рынков строительными, машиностроительными профилями металлопроката.



(Арматура, балка, швеллер)

ЕВРАЗ ЗСМК
созданный путем
слияния КМК (1932 г.)
и ЗСМК (1964 г.)

Общ. площадь
более 4 тыс. га.
Сотрудников 21 881
чел.
Около 600 профессий.

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			История становления ЗСМК	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	5	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Характеристика кислородно-конвертерного цеха №2

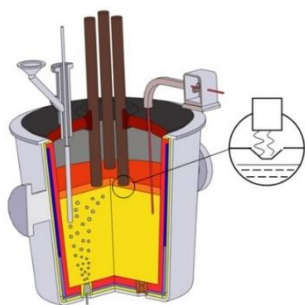
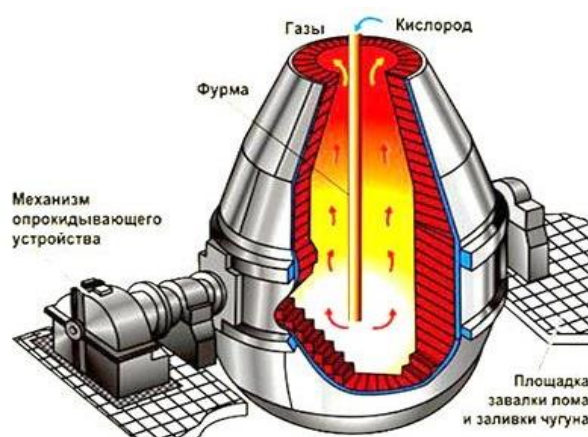
В составе ККЦ-2 два 300-тонных конвертера,, один двухпозиционный агрегат ковш-печь (АКП) , две установки доводки металла (УДМ), сортовая (МНЛЗ) и слябовая

машины непрерывного литья заготовок (МНЛС).

Конвертерный цех №2 введен в эксплуатацию в мае 1974 года.

ККЦ-2 состоит из следующих отделений и пролетов:

- скрапное отделение;
- отделение перелива чугуна;
- конвертерное отделение;
- два пролета внепечной обработки и разливки стали в слитки;
- отделение непрерывной разливки стали;
- транспортно-отделочное и складское отделение;
- шлаковое отделение.



Агрегат печь-ковш



Загрузка лома в конвертер

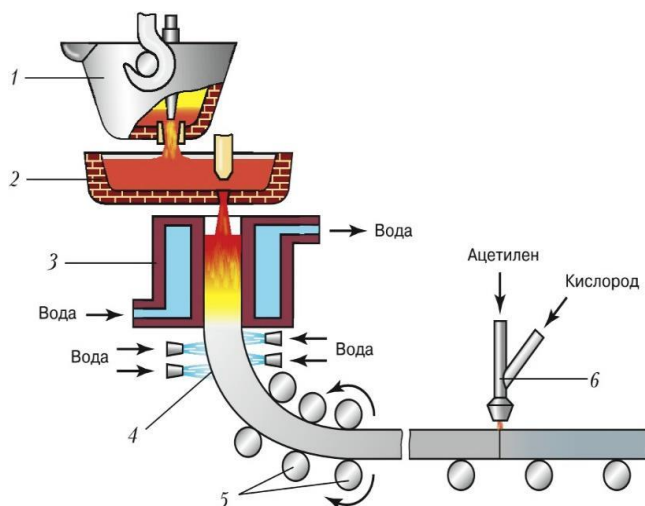


Слив шлака в шлаковую яму

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Характеристика кислородно-конвертерного цеха №2					
Разраб.	Вахроломеев В.А.							Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.							У	6	26
Консульт.								кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.									
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.									

Отделение непрерывной разливки стали

Общая схема разливки стали на МНЛЗ



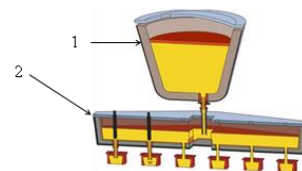
1- сталеразливочный ковш; 2- промежуточный ковш – обеспечивает поступление металла в кристаллизатор с определенным расходом хорошо организованной струей; 3- кристаллизатор- предназначен для приема жидкого металла, формирования слитка заданного сечения и первичного его охлаждения (охлаждается в процессе разливки водой); 4- зона вторичного охлаждения (ЗВО) – обеспечивающие равномерное охлаждение заготовки (распыления воды форсунками; 5- ролики для поддержания геометрической формы заготовки; 6- машина газовой резки для резки заготовок.



Газовая резка на МНЛЗ сортовой



Слябы после машины газовой резки



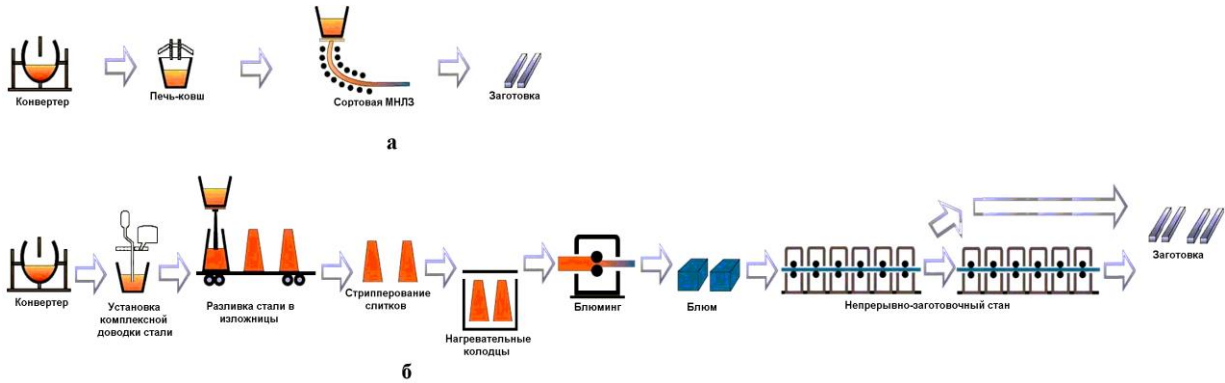
Основной технологической функцией любой МНЛЗ является перевод стали из жидкого состояния в твердое с приданием получаемой заготовке определенной геометрической формы и обеспечением качественных показателей ее поверхности и внутренней структуры, регламентируемых соответствующими техническими условиями.

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахромеев В.А.				Развитие технологий литейно-прокатного комплекса	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	7	26

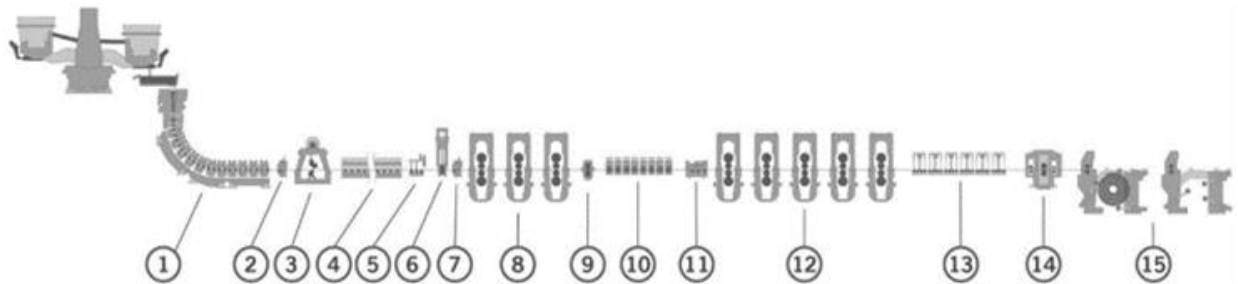
Консульт.					кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18
Н. контр.	Фастыковский А.Р.				
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.				

Слайд 6

Развитие технологий литейно-прокатного комплекса



Технологических схем производства сортовой заготовки а- с непрерывной разливкой и б- с разливкой в слитки и последующей прокаткой



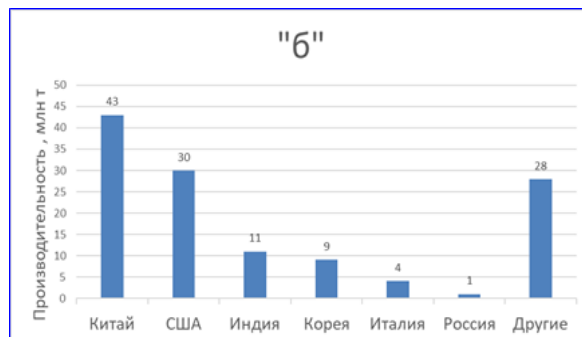
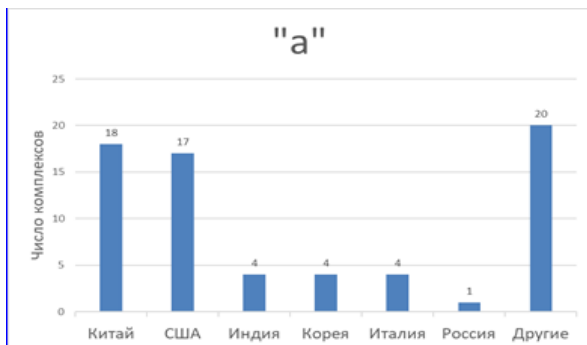
1. Криволинейная МНЛЗ; 2. Окалиноломатель; 3. Делительные ножницы; 4. Туннельная печь; 5. Газовый резак; 6. Эджер; 7. Окалиноломатель; 6. Клетки высокого обжата; 7. Торцевые ножницы; 8. Индукционный нагрев; 9. Интенсивное охлаждение + окалиноломатель; 10. Чистовые клетки; 11. Ламинарное охлаждение; 12. Высокоскоростные ножницы; Подпольные моталки

Универсальная схема бесконечного и поштучного производства полосы DUE компании Danieli

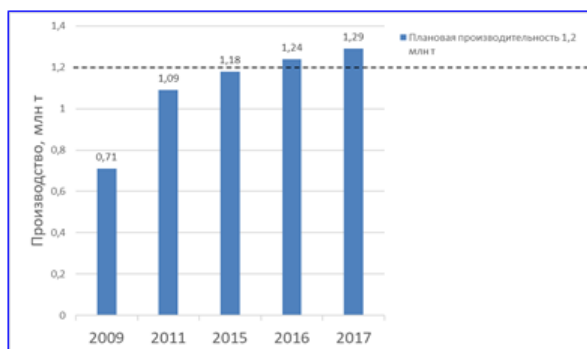
					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахромеев В. А.				Отделение непрерывной разливки стали	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	8	26

Консульт.					кафедра ОмДим. Евраз ЗСМК гр. МММ-18
Н. контр.	Фастыковский А.Р.				
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.				

Распределение ЛПК в мировой металлургии



Распределение ЛПК и их суммарной производительности по странам



В Китае 18 линий и 32 тонкослябовых машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ).

В США первый ЛПК запущен в 1989 г., всего установлено 17 комплексов и 25 МНЛЗ.

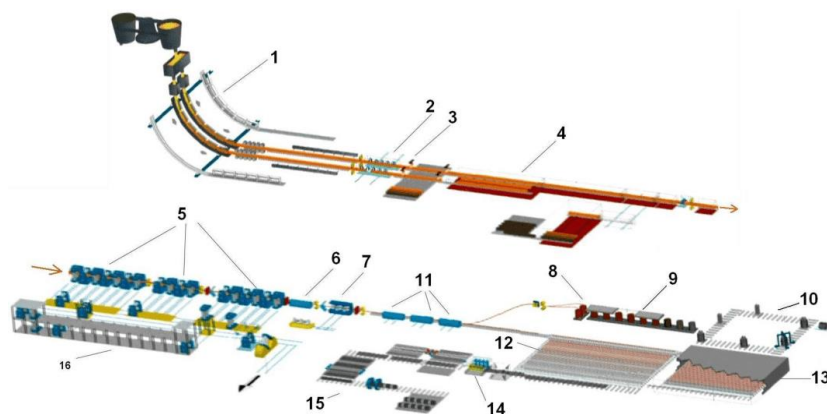
В России производится всего чуть более 1% мирового объема на единственном в стране литейно-прокатном комплексе, находящемся на Выксунском металлургическом заводе (введен в эксплуатацию в 2008 году).

Объемы производства рулонного проката на Литейно-прокатном комплексе ВМЗ.

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Вахромеев В.А.				Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.				У	9	26
Консульт.					кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.						
					Распределение ЛПК в мировой металлургии		

Применение литейно-прокатных комплексов в России

ЛПК является уникальным для России комплексом, в котором совмещены в единый технологический процесс выплавка и разливка стали и производство горячекатаного рулонного проката.



Производство собственного стального рулона на Литейно-прокатном комплексе позволяет компании эффективно управлять издержками, более оперативно реагировать на потребности рынка и сократить срок доставки продукции потребителям.

Схема расположения оборудования ЛПА фирмы ABS

1 - МНЛЗ; 2-закалочные камеры; 3 - ножницы; 4-тоннельная печь; 5 -черновая, промежуточная и чистовая группы клетей прокатного стана; 6 — линия охлаждения; 7 - редуционно-калибровочный блок; 8 - моталки; 9 — печь отжига бунтов; 10 — участок обработки бунтов; 11-участок окончательного охлаждения; 12 -холодильник; 13-печь отжига; 14 -установка механического удаления окалины; 15 -участок отделки прутков, 16 -участок смены и обслуживания клетей

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахроломеев В.А.			Применение литейно-прокатных комплексов в России	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	10	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Строительство литейно-прокатного комплекса

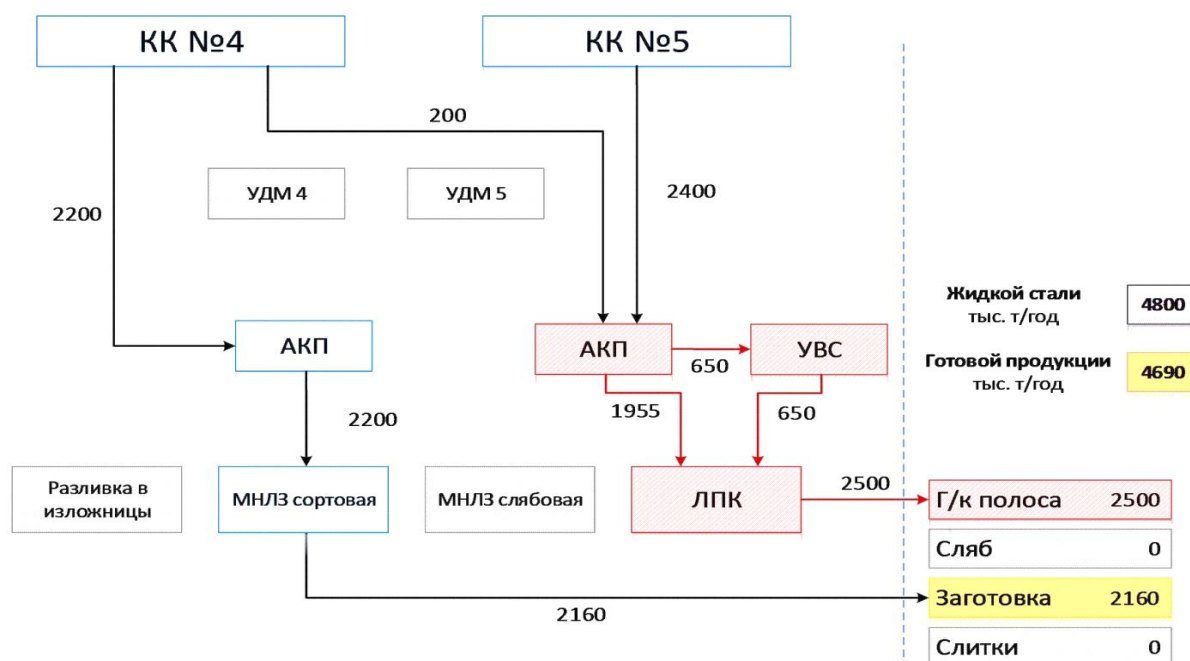


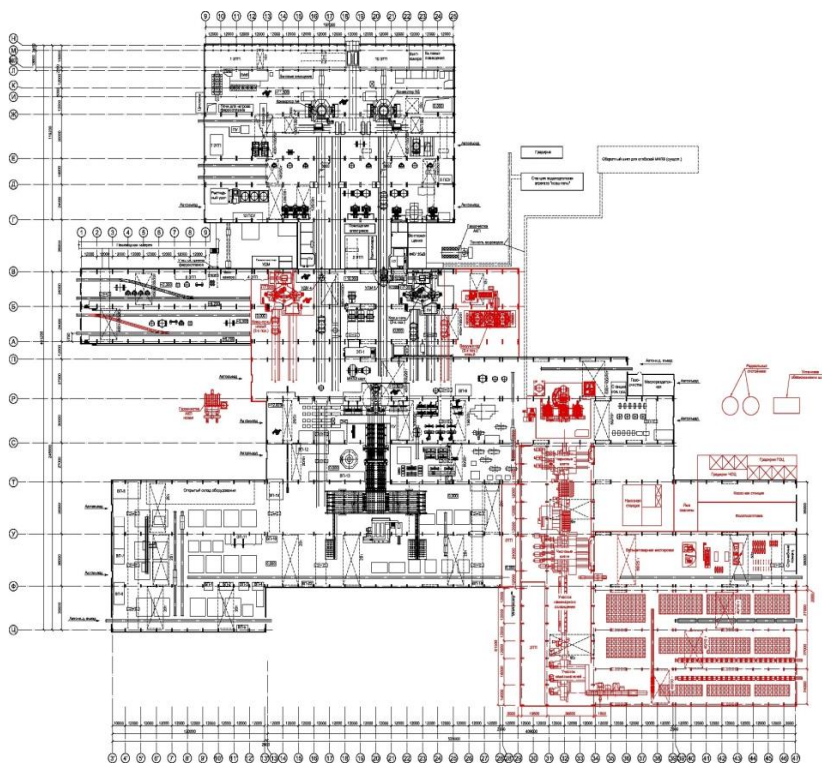
Схема модернизации ККЦ-2

Для ЛПК должно быть предусмотрено:

- строительство новой опорной электрической подстанции 220/10 кВ, в отдельно стоящем здании;
 - новой станции водоподготовки;
 - новой компрессорной станции для обеспечения ЛПК сжатым воздухом.
- ЛПК предусматривается из двух сопряженных зданий:
- отделение непрерывной разливки стали;
 - здание прокатного цеха.

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Строительство литейно-прокатного комплекса	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	11	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Размещение ЛПК на базе ККЦ-2

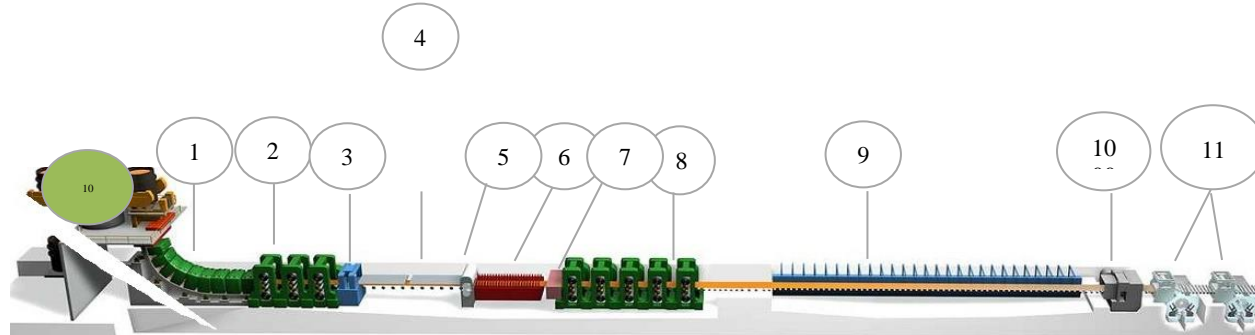


**Вариант расположения ЛПК № 3 (ЛНПП)
Юго-восточная сторона ККЦ-2. Планировка цеха**

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Варианты технологии ЛПК кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Разраб.	Вахромеев В.А.						
Руковод.	Фастыковский А.Р.						
Консульт.							
Н. контр.	Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.				Лит.	Лист	Листов
					У	12	26

Сравнение вариантов размещения ЛПК (на примере ЛНПП)

Технологическая Линия НПП



1 – тонкослябовая МНЛС; 2 – черновые прокатные клетки; 3 – маятниковые ножницы; 4 – сталкиватель и укладчик листа; 5 – барабанные ножницы; 6 – индукционная печь; 7 – водяной окалиноломатель; 8 – чистовые прокатные клетки; 9 – ламинарное охлаждение полосы; 10 – высокоскоростные ножницы; 11 – наматыватели.

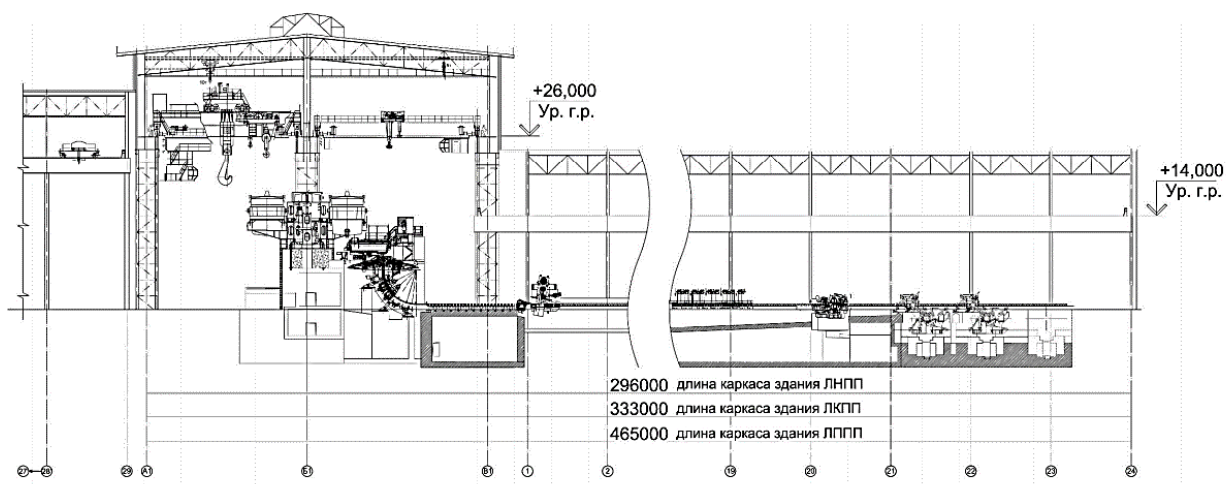
Сравнение вариантов размещения ЛПК (на примере ЛНПП)

1 вариант (с юго-западной стороны ККЦ-2)	2 вариант (северо-восточной стороны ККЦ-2)	3 вариант (с юго-восточной стороны ККЦ-2)
Отказ от разливки в изложницы с момента начала строительства	Сохранение возможности разливки в изложницы и эксплуатации существующей МНЛС	Отказ от возможности эксплуатации существующей МНЛС с момента начала строительства
Демонтаж металлоконструкций и фундаментов здания в пролетах А-Б и Б-В в осях 1-8 здания ККЦ-2	Сохранение существующих пристроенных к зданию ККЦ-2 помещений у ряда П в осях 30-36	Большой объем демонтажных работ по оборудованию МНЛС, металлоконструкций здания ОНРС, демонтаж фундаментов под оборудование и колонн здания цеха
Предполагаемое размещение ЛПК требует переноса распределительной подстанции №5, пешеходной галереи, участка переработки твердых шлаков и эстакады с энергоносителями	Демонтаж существующих фундаментов под оборудование циркуляционного вакууматора, расположенных в пролетах А-Б и Б-В в осях 25-29 ККЦ-2	Демонтажные работы должны осуществляться в стесненных условиях работающего цеха
Необходимость выполнения большого объема земляных работ, связанных с разницей отметок пола в здании ККЦ-2 и на новой площадке, составляющей 2,3 м	Перенос существующей ЛЭП 110 кВ и существующих резервуаров чистой воды	Необходимость демонтажа здания центрального склада смазочных материалов и химикатов, столовой, автодороги, эстакады 35 кВ, питающей существующий АКП.

СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахромеев В.А.				Сравнение вариантов размещения ЛПК (на примере ЛНПП)	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	13	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.							
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.							

Разрез линии прокатки ЛПК

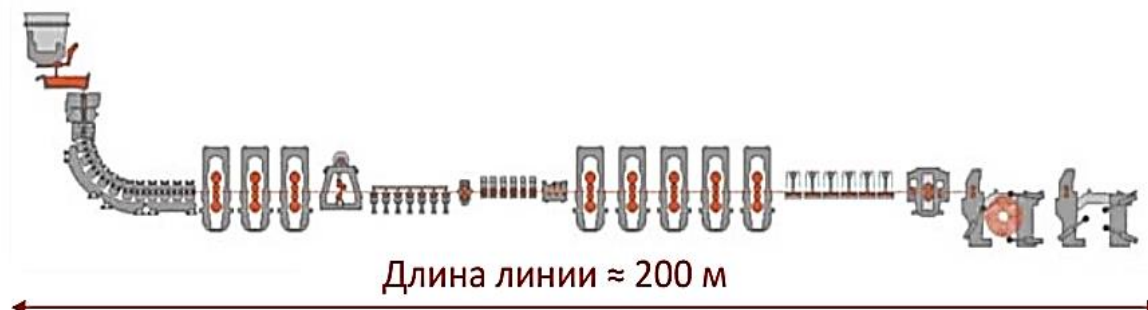


Учитывая меньшие, размеры занимаемые ЛПК на плане завода, более предпочтительными с точки зрения размещения являются вариант ЛНПП и ЛКПП

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разрез линии прокатки ЛПК	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Вахромеев В.А.					У	14	26
Руковод.	Фастыковский А.Р.					кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Консульт.								
Н. контр.	Фастыковский А.Р.							
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.							

Варианты технологии: ЛНПП

Линия непрерывной прокатки полосы (ЛНПП)



Суть технологии бесконечной прокатки заключается в прямой и непрерывной связи между стадиями разлива и прокатки. При непрерывной прокатке можно производить полосу с постоянными и воспроизводимыми механическими свойствами по всей длине, а также снижаются до минимума потери металла за счёт фактического отсутствия обрезки головы и хвоста полосы

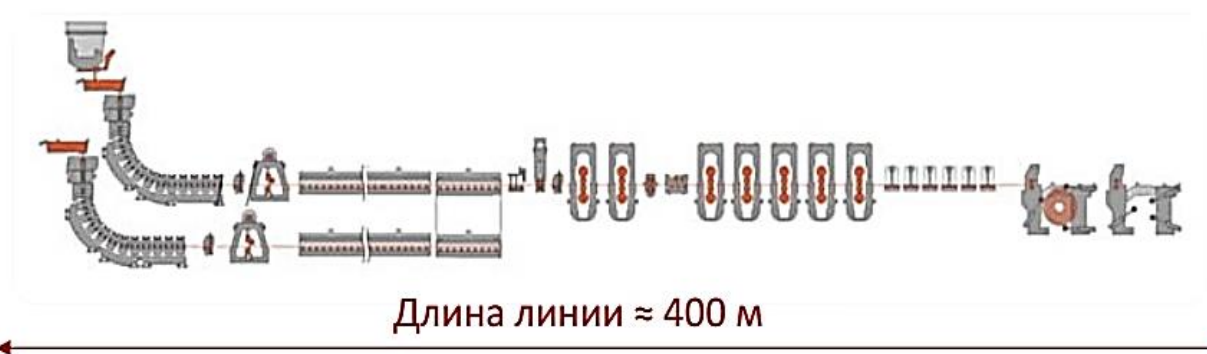
Достоинства:

- ✓ отсутствие изменений межвалкового раствора,
- ✓ усилия прокатки в течение всего процесса (позволяет увеличить стойкость валков),
- ✓ сокращение времени превращения жидкой стали в г/к полосу,
- ✓ создание условий для повышения равномерности механических свойств проката по всей длине и ширине,
- ✓ снижение эксплуатационных затрат.

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Варианты технологии: ЛНПП	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	15	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Варианты технологии: ЛППП

Линия периодической прокатки полосы (ЛППП)



По этой технологии двухручьева тонкослябовая МНЛС соединяется с прокатным станом длинными (~ 220 м) проходными печами туннельного типа с челночной секцией, в которых выполняются подогрев или выравнивание температуры сляба, а также обеспечивается достаточное буферное время при остановках оборудования и согласование скоростей разливки и прокатки. Второй ручей позволяет компенсировать разницу скоростей между разливкой и прокаткой и обеспечить эффективное использование прокатного стана.

Недостатки:

- ✓ дискретный режим (сляб–рулон), при резке сляба на заданные длины на выходе из МНЛС, увеличиваются потери металла за счёт обрезки головы и хвоста,
- ✓ излишние затраты на перемещения,
- ✓ резку сляба и его передачу на стан с использованием в качестве промежуточного накопителя протяжной роликовой печи.

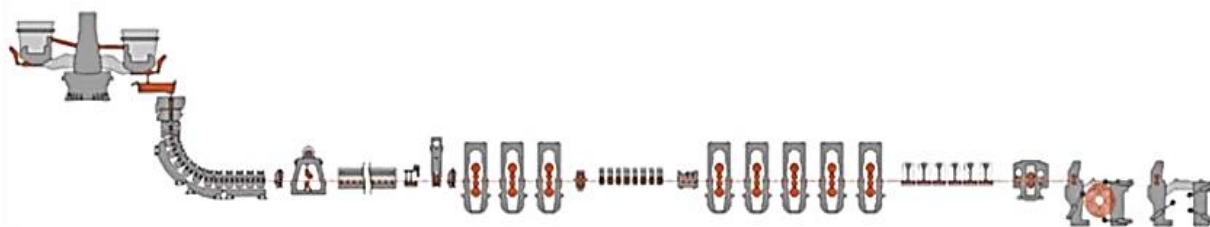
Достоинства:

- ✓ согласования различных рабочих скоростей МНЛС и прокатного стана
- ✓ при разделении сляба на заготовки фиксированной длины (45–50 м) и соответствующем выборе протяженности проходной печи прокатный стан становится независимым от МНЛС,
- ✓ повышаются скорость для задачи сляба в первую клеть
- ✓ возможность производить перевалку валков без учёта разливки на МНЛС

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Варианты технологии: ЛППП	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	16	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Варианты технологии: ЛКПП

Линия комбинированной прокатки полосы (ЛКПП)



Длина линии \approx 300 м

Режим периодической прокатки предназначен, в основном, для производства средне- и толстолистовой продукции. Ножницы для резки сляба, установленные сразу после МНЛС, разрезают непрерывно литой сляб на отрезки с заданной массой. Нагревательная печь позволяет выровнять температуру заготовки для соблюдения обязательных условий подачи в черновые клетки. Каждый сляб ускоряется и проходит через прокатный стан. После охлаждения на участке выдачи каждая г/к полоса сматывается с помощью подпольных моталок. Нарезка слябовых заготовок сразу после разливочного участка позволяет контролировать процесс прокатки каждого отдельного сляба. При таком режиме индукционный нагреватель, третья черновая клетка и высокоскоростные ножницы не участвуют в технологическом процессе.

Достоинства:

- ✓ работа как в непрерывном так и в периодическом режиме прокатки
- ✓ значительное расширение сортамента выпускаемой продукции, которые могут быть взаимозаменяемы в любое время. Непрерывный режим прокатки подходит для производства тонких полос, а режим периодической прокатки – для средних и толстых полос при производстве проката из специальных марок стали.

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахроломеев В.А.				Варианты технологии: ЛКПП	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	17	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.							

Сравнение технологических линий производства г/к полосы

Линия прокатки	ЛНПП	ЛППП	ЛКПП
Характеристики			
Мощность, млн т/год, в рулонах	2,5	2,4	2,5
Скорость разливки, м/мин.	6–7	3–6	2,5–6,8
Тип МНЛС	Криволинейная с вертикальным участком		
Длина технологической линии, м	~200	~400	~300
Радиус разливочной дуги, м	5,5	5	5,5
Количество ручьев	1	2	1
Количество черновых клетей	3	2	3
Количество чистовых клетей	5	5	5
Длина туннельной печи, м	–	220	80
Толщина сляба, мм	70–110	70–90	70–110
Ширина сляба, мм	900–1800 (типичный диапазон)		
Толщина полосы, мм	0,8–16	1,2–16	0,8–16
Численность трудящихся, чел.	181	200	186
Режим работы	непрерывный	периодический	периодический, непрерывный

На основании сравнения технологических линий и с точки зрения возможности производства рулонов с большим интервалом толщин полосы, а также возможности производства трубных сталей так же рекомендуется для дальнейшей проработки вариант ЛКПП.

СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахроломеев В.А.				Сравнение технологических линий производства г/к полосы	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	18	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.							

Затраты на строительство ЛПК

№ п/п	Наименование	Непрерывная	Периодическая	Комбинированная
		Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС	Стоимость, тыс. руб. без НДС
1	Оборудование	17 001 813	18 236 221	17 696 722
1.1	Основное технологическое оборудование	11 925 000	12 750 000	12 450 000
1.1.1	Основное технологическое оборудование. ЛПК	10 575 000	11 400 000	11 100 000
1.1.2	Основное технологическое оборудование. (АКП)	720 000	720 000	720 000
1.1.3	Основное технологическое оборудование. Установка вакуумирования стали	630 000	630 000	630 000
1.2	Второстепенное оборудование	5 076 813	5 486 221	5 246 722
1.2.1	Грузоподъемное и подъемно-транспортное оборудование	660 165	685 327	670 477
1.2.2	Вальцешлифовальная и ремонтная мастерские	288 000	288 000	288 000
1.2.3	Компрессорная станция	170 439	185 400	175 400
1.2.4	Парогенераторная	181 150	181 150	181 150
1.2.5	ГПП 150 МВт и ВЛ 220/10 кВ	877 800	877 800	877 800
1.2.6	РУ, ТП, освещение, кабели, АСУТП 3-го уровня, диспетчеризация	1 662 750	1 732 750	1 741 463
1.2.7	Водоподготовка, очистка стоков, оборотный цикл	613	866 445	669 820
1.2.8	ОВиК, ВК, СС, ПТ	418 656	450 348	431 111
1.2.9	Внутриплощадочные сети и эстакады	204 000	219 000	211 500
2	СМР	9 426 491	10 604 711	9 899 978
2.1	Подготовительные работы и временные здания	352 162	391 162 500	367 162 500
2.2	Демонтажные работы и усиление цеха	474 088	463 088	453 863
2.3	Основное производственное здание	6 663 497	7 286 341	6 676 827
2.4	Перенос ЛЭП и ВЛ	72 500	72 500	72 500
2.5	Вспомогательные объекты	1 959 978	2 391 619	2 329 625
2.5.1	Компрессорная станция	63 222	66 480	82 020
2.5.2	Парогенераторная	98 045	98 045	98 045
2.5.3	ГПП 150 МВт, РУ, ТП, освещение, кабели, АСУТП 3-го уровня, диспетчеризация	519 360	534 110	537 589
2.5.4	Водоподготовка, очистка стоков, оборотный цикл	309 577	510 159	469 698
2.5.5	Внутриплощадочные сети и эстакады	520 822	535 125	520 822
2.5.6	Прочие здания и сооружения	103 950	302 700	276 450
2.5.7	Благоустройство и дороги	345 000	345 000	345 000
3	Инжиниринг, стадия П и РД, авторский надзор, изыскания, обследования	845 705	922 909	883 094
4	Непредвиденные расходы, зимнее удорожание -2,5%	660 707	721 023	689 917
5	Итого без НДС	27 934 717	30 484 865	29 169 713

СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Затраты на строительство ЛПК	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Вахроломеев В.А.				У	19	26
Руковод.		Фастыковский А.Р.				кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Консульт.								
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Затраты на эксплуатацию ЛПК с расчетом себестоимости продукции

Ресурс/расход	Цена, руб/ед.изм.	Ед. изм.	ЛНПП		ЛПП		ЛКПП	
			Кол-во	Стоимость руб/т	Кол-во	Стоимость руб/т	Кол-во	Стоимость руб/т
Разливка				501		692		501
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	11,28	22,8	12,72	25,7	11,28	22,8
Природный газ	4,7	м3	1,49	7,0	1,49	7,0	1,49	7,0
Аргон	19,1	м3	0,06	1,1	0,06	1,1	0,06	1,1
Сжатый воздух	0,3	м3	9,78	2,7	9,78	2,7	9,78	2,7
Огнеупоры	47,5	кг	2,50	118,8	3,00	142,5	2,50	118,8
Шлакообразующая смесь	69,6	кг	0,20	13,9	0,30	20,9	0,20	13,9
Плиты кристаллизатора	2 282,4	кг	0,12	273,9	0,18	410,8	0,12	273,9
Гидравлическое масло, смазочное масло и смазка	252,4	кг	0,24	60,6	0,32	80,8	0,24	60,6
Прокатный стан	499,99	489,80	536,66					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	42,47	85,9	45,31	91,7	57,31	116,0
Рабочие валки	212,1	кг	0,80	170,5	0,71	150,2	0,80	170,5
Опорные валки	197,0	кг	0,16	30,7	0,13	26,0	0,16	30,7
Прижимные ролики	544,4	кг	0,03	15,7	0,03	15,7	0,03	15,7
Ножи для ножниц	3 782,5	кг	0,0095	35,9	0,0098	37,0	0,010	37,7
Прочее сменное оборудование	1 343,3	кг	0,12	161,2	0,13	169,3	0,12	166,0
Туннельная печь	-	119	31					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	-	-	23,57	47,7	8,57	17,3
Природный газ	4,7	м3	-	-	13,40	63,3	2,50	11,8
Огнеупоры	63,0	кг	-	-	0,120	7,6	0,022	1,4
Индукционная печь	201	-	19					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	99,54	201,4	-	-	9,59	19,4
Водоподготовка	17	31	23					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	8,46	17,1	15,23	30,8	11,28	22,8
Сжатый воздух	0,3	м3	1,32	0,4	1,32	0,4	1,32	0,4
Котельная	35,41	35,41	35,41					
Природный газ	4,7	м3	7,50	35,4	7,50	35,4	7,50	35,4
Прочее	17,48	17,48	17,48					
Электроэнергия	2,0	кВт·ч	8,64	17,5	8,64	17,5	8,64	17,5
Вода на подпитку оборотных циклов	1,2	м3	0,45	0,5	0,80	0,96	0,60	0,7
Текущий, кап. ремонт (всего)	251,0	руб	1	251	1	264	1	259
Содержание основных средств, прочие расходы, технологические затраты (всего)	286,0	руб	1	286	1	300	1	295
ФЗП (всего) (71 500 руб/мес)	0,34	руб	181	62,17	200	68,69	186	63,89
Себестоимость 1 т продукции, руб/т				1 872,33		2 017,50		1 781,23

СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахроломеев В.А.			Затраты на эксплуатацию ЛПК с расчетом себестоимости продукции	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	20	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Сравнение затрат на эксплуатацию

Расходы основных энергоносителей и сред

Расходники \ Линия прокатки	ЛНПП	ЛППП	ЛКПП
Природный газ , тыс. нм3/ч	3	7,5	3,9
Электроэнергия, кВтч/т	229	164	165
Сжатый воздух, тыс. нм3/ч	13,1	17,1	16,1
Вода на подпитку, м3/ч	150	270	200
Чистый оборотный цикл, тыс. м3/ч	6,4	12,6	8,6
Грязный оборотный цикл, тыс. м3/ч	4,6	6	5,8
Ламинарное охлаждение (цикл), тыс. м3/ч	4,1	11*	11*

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Сравнение затрат на эксплуатацию ЛПК	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	21	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Технические характеристики оборудования ЛКПП



МНЛЗ:

- Криволинейная с вертикальным участком – высота 9 метров
- Металлургическая длина: 26,5 м (16 сегментов)
- Максимальная пропускная способность: 7,5 т/мин
- Минимальная скорость разливки – 3,5 м/мин
- Сечение разливаемого сляба: 110-123 мм
- Мощность: 2 560 000 т/год годного
- Один ручей – 1 МНЛЗ



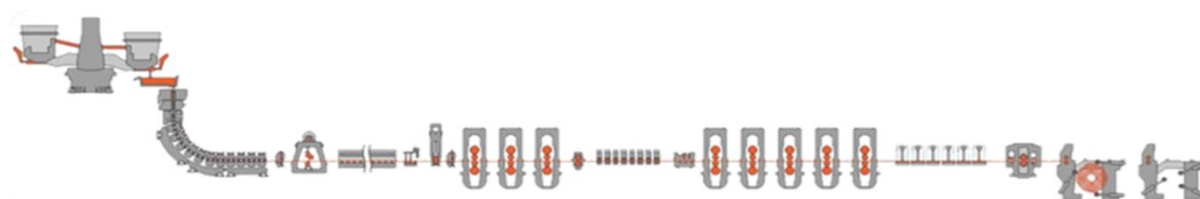
Тоннельная печь:

- Длина тоннельной печи ~80
- Проектная мощностью = 28410 Мкал/ч

Индукционный нагрев:

- 8 модулей по 4,3 МВт, суммарной мощностью 34,4МВт

Длина линии ≈ 280 м



Прокатные клетки, главные привода:

- Компоновка стана 3 (черновых) + 5 (чистовых)
- Максимальное усилие прокатки 45 000 [kN]
- Мощность эл. двигателей – max 10 000 [kW]



Высокоскоростные ножницы, подпольная моталка:

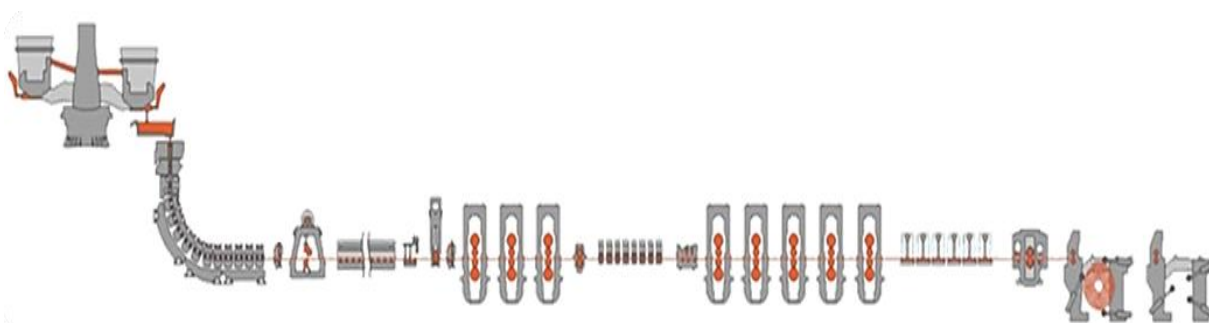
- Высокоскоростные ножницы– для раскрытия бесконечной полосы 0,8-4,0 мм
- Две (2) подпольные моталки для смотки полосы 0,8-16,0 мм

					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Технические характеристики оборудования ЛКПП	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	22	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии

В ходе сравнения трех имеющихся технологий производства горячекатаной полосы в условиях производственной программы «ЕВРАЗ ЗСМК» рекомендуется остановиться на комбинированной технологии как оптимальной с точки зрения возможности производства всего требуемого сортамента, так и операционных затрат на производство 1 т продукции.

Для производства полосы толщиной 16–25,4 мм требуется установка нового кристаллизатора МНЛЗ для получения слябов большей толщины, замена секции мягкого обжатия и установка третьего усиленного наматывателя.



Длина линии \approx 280 м



					СибГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	23	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии

Расчет производительности ЛПК

Объем производства г/к рулонов, тыс. т/год

Объем производства	Способы внепечной обработки металла			Итого
	Без вакуумирования металла (АКП)	Вакуумирование металла (ВД)	Вакуумирование с продувкой кислородом (ВКР)	
Г/к лист	1876	288	336	2500
Жидкая сталь	1955	300	350	2605

Полная стоимость реализации проекта составляет 45 456,248 млн руб. (без НДС)

- Инвестиционный период составляет ~6,0 лет.
- Начало реализации экономического эффекта ~5 лет.
- Прогнозный экономический эффект в терминах ΔEBITDA после выхода на запланированную мощность за год составит 13 335 млн. руб.

Дисконтированный срок окупаемости составит 9,7 лет.

					СиБГИУ 2020.22.04.02.М-18104.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.	Вахромеев В.А.				Технико-экономическое обоснование рекомендуемой линии	Лит.	Лист	Листов
Руковод.	Фастыковский А.Р.					У	24	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.	Фастыковский А.Р.							
Зав. каф.	Фастыковский А.Р.							

Спасибо за внимание!

					СибГИУ 2020.22.03.02.16070.ВКР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Вахромеев В.А.			Спасибо за внимание!	Лит.	Лист	Листов
Руковод.		Фастыковский А.Р.				У	25	26
Консульт.						кафедра ОМДиМ. ЕВРАЗ ЗСМК гр. МММ-18		
Н. контр.		Фастыковский А.Р.						
Зав. каф.		Фастыковский А.Р.						

