

УДК 658.512

А. Г. ОТОКА, аспирант, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ МЕСТ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ В КОЛЕСНО-РОЛИКОВЫХ УЧАСТКАХ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Приводится пример неэффективности проведения неразрушающего контроля колесных пар в условиях колесно-роликового участка Гомельского вагонного депо до 2017 г. Предложен альтернативный вариант повышения производительности ремонта колесных пар за счет изменения расположения рабочих мест (участков) неразрушающего контроля, при котором сокращается преодолеваемое краном расстояние с одной позиции на другую и количество перемещений.

Введение. В современном машиностроительном производстве в условиях жёсткой конкуренции ключевую роль играет достижение минимальной себестоимости выпускаемой продукции при обеспечении требуемого качества. Реализуется это путём исключения из производственного процесса неоправданных производственных потерь, которые ведут к росту себестоимости. К таким потерям относятся потери, связанные с процессом транспортирования различных материалов (сырьё, заготовки, готовые изделия и т. п.) на предприятии.

Очевидно, что полностью избавиться от транспортных операций невозможно, однако необходимо стремиться к минимизации грузопотока полуфабрикатов.

Для минимизации мощности потока в многономенклатурном производстве стремятся выбрать оптимальную расстановку оборудования. В таких случаях считают, что заранее известны по технологическим процессам изготовления изделий маршруты перемещений полуфабрикатов между оборудованием. Это означает, что для каждой единицы оборудования определено, какие именно технологические операции на ней выполняются и в каких количествах, откуда на данное рабочее место поступают заготовки для выполнения данных операций и куда после операций необходимо отправить полученные полуфабрикаты.

Транспортные издержки – не единственные, возникающие на производстве и подлежащие минимизации. Издержки возникают и, например, от неравномерной загрузки станков, поскольку она может привести к срыву сроков исполнения заказов [1].

Колёсно-роликовый участок (КРУ) является важной составляющей железнодорожной инфраструктуры, специализирующейся на техническом обслуживании колёсных пар (КП) грузовых и пассажирских вагонов. КРУ играет ключевую роль в обеспечении безопасности движения поездов, поскольку КП являются одним из наиболее нагруженных и подверженных износу элементов железнодорожного подвижного состава.

В КРУ особое внимание уделяется размещению оборудования с учётом удобства и эффективности проведения работ. Каждый элемент оборудования имеет свою функциональность и требует определённого расположения для обеспечения эффективности технологического процесса.

Для оптимизации рабочего пространства и обеспечения безопасности работников существует регламент,

в котором приведены требования к расстоянию между оборудованием. Этот регламент предусматривает определённые стандарты и рекомендации по размещению оборудования, чтобы обеспечить безопасность, удобство доступа и эффективность работы. Расстояние между станками, прессами, стеллажами и другими основными элементами оборудования должно быть оптимальным для выполнения операций ремонта КП. Это позволяет обеспечить свободный доступ для рабочих, безопасную перемещаемость материалов и инструментов, а также облегчает осуществление необходимых операций в рамках технологического процесса.

В настоящее время соблюдение регламента по размещению оборудования на участке по ремонту КП является важным фактором обеспечения эффективности и безопасности работ. Это позволяет создать оптимальные условия для проведения ремонтных операций, повысить производительность и качество работ, а также обеспечить комфортные условия труда для специалистов.

Предпринимаются попытки создать имитационную модель процесса ремонта КП. Например, в работе [2] авторы предложили модель процесса ремонта КП, созданную с использованием базовых блоков среды *AnyLogic*, которая позволяет исследовать процесс в течение любого интервала времени. Для настройки ресурсов, оборудования и иных параметров модели были использованы данные производственного процесса, собранные в ходе производственной практики студентов, статистика, а также типовые нормы времени на операции.

Следует отметить, что большинство КРУ строились 50–70 лет назад. В большинстве случаев использовались уже готовые производственные здания, ранее не предназначенные для таких целей, но подходящие по своим размерам (площади) с учётом имеющегося стандартного перечня оборудования для осуществления ремонта КП. Поэтому размещение станков, стеллажей, стендов, моечных машин, ремонтных позиций и другого оборудования КРУ в условиях отсутствия необходимых полезных площадей определялось, как правило, не рациональным подходом, а возможностью в целом осуществления ремонта КП с минимальными потерями времени, так как избежать прямоочности просто не получится.

С появлением широкой номенклатуры ремонтного и вспомогательного оборудования, автоматизирован-

ных средств контроля, в том числе и в неразрушающем контроле (НК), существующие КРУ, с учётом проблемных уже противопоточных перемещений КП с одной позиции на другую, не позволяют повысить эффективность ремонта. Решение данной проблемы может быть реализовано посредством нового КРУ или за счёт существенного изменения технологического процесса путём рационального размещения оборудования и выполнения обязательных условий регламента.

Главными ресурсами повышения производительности ремонта КП являются модернизация технологии контроля качества ремонта и внедрение новой техники на основе современных технологий [3].

Одним из этапов наиболее эффективного размещения производственного оборудования и оптимальной организации труда является создание порядка или рациональное размещение предметов, при котором ими можно легко воспользоваться [4].

Целью работы явилось осуществление оптимизации и размещения технологических позиций и оборудования за счёт минимизации работы по перемещению КП с одной позиции на другую.

Разработка предложений и обсуждение полученных результатов.

Рассмотрим задачу рационального размещения оборудования КРУ на примере Гомельского вагонного депо в 2017 г. и в настоящее время.

Основные недостатки КРУ вагонного депо:

- небольшую площадь для размещения ремонтного оборудования (ширина производственного здания не позволяет проложить дополнительный ремонтный путь);

- выход из колёсного парка является одновременно и входом в КРУ для КП, требующих проведения среднего (СР) и текущего ремонта (ТР);

- нерациональное размещение машины для мойки КП (на входе в КРУ), что в целом затрудняет организацию ремонта (до 2017 г.);

- нерациональное размещение позиций (рабочих мест) НК (до 2017 г.);

- другие.

До 2017 г. участки НК КП Гомельского вагонного депо по старой технологии размещались нерационально: перемещение КП было противопоточным, т. е. направлено против хода следования технологического процесса и очень много времени уходило на их перемещение с помощью кран-балки (рисунок 1). Все это приводило к снижению производительности ремонта КП.

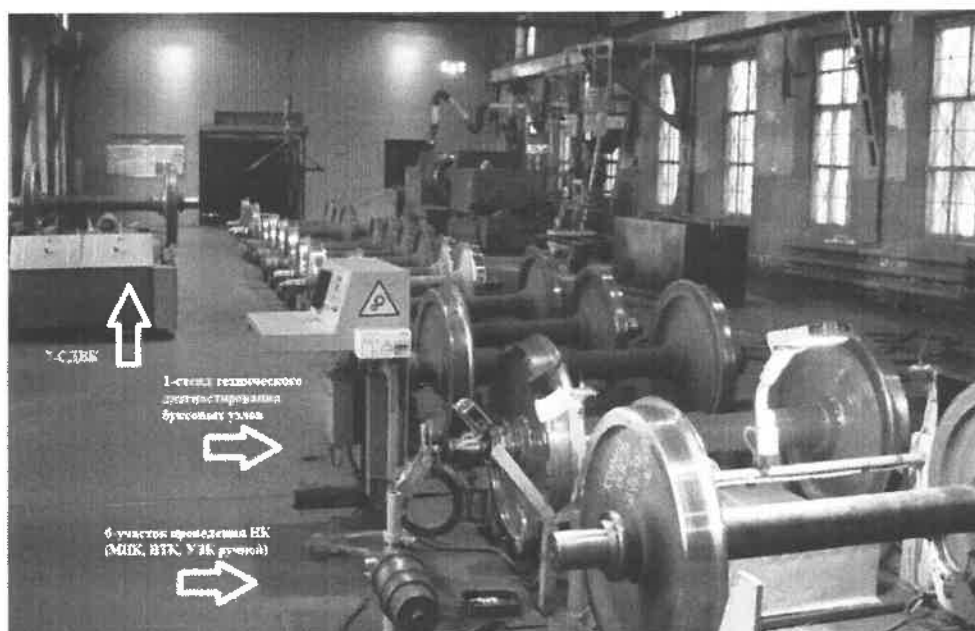


Рисунок 1 – Схема размещения участков НК по старой технологии (2017 год)

Основные перемещения кран-балки при ТР, СР КП в КРУ по старой технологии приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Технологические переходы при различных видах ремонта КП

Траектория перемещения	Направление перемещения КП	Профессия
<i>Средний ремонт</i>		
А–Б	С входа цеха на стенд технического диагностирования буксовых узлов	Дефектоскопист
Б–В	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на стенд демонтажный	Слесарь по ремонту подвижного состава (РПС)
В–Г	Со стенда демонтажного на колёсотокарный станок	Токарь
Г–Д	С колёсотокарного станка к моечной машине	Токарь
Д–Е	С моечной машины на участок проведения НК	Дефектоскопист
Е–Ж	С участка проведения НК на стенд СДВК 1803.829-00.00.000	Дефектоскопист

Окончание таблицы 1

Траектория перемещения	Направление перемещения КП	Профессия
Ж-З	Со стенда СДВК к монтажному отделению	Слесарь РПС
З-И	С монтажного отделения на стенд технического диагностирования буксовых узлов	Дефектоскопист
И-К	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на выход цеха	Слесарь РПС
<i>Текущий ремонт</i>		
А-Б	С входа цеха на стенд технического диагностирования буксовых узлов	Дефектоскопист
Б-В	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на стенд для ТР	Слесарь РПС
В-Г	Со стенда ТР на колёсотокарный станок	Токарь
Г-Д	С колёсотокарного станка на участок проведения НК	Токарь
Д-Е	С участка проведения НК на стенд СДВК	Дефектоскопист
Е-Ж	Со стенда СДВК на стенд для ТР	Слесарь РПС
Ж-З	Со стенда для ТР на стенд технического диагностирования буксовых узлов	Слесарь РПС
З-И	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на выход цеха	Слесарь РПС

Большое влияние на снижение производительности оказывают лишние перемещения кран-балки и время ожидания, когда универсальное средство для перемещения КП может понадобиться одновременно токарю, слесарю по ремонту подвижного состава, дефектоскописту и другим работникам КРУ, имеющим допуск к грузоподъёмным механизмам, управляемым с пола. Вместе с тем время по использованию крана при постановке или снятии КП с рабочего места принято относить к категории подготовительно-заключительных операций, от которых существенно зависят типовые нормы времени.

На рисунке 2 хорошо видно, что, поступая в КРУ для ремонта, КП перемещается каждый раз к центру производственного здания на стенд технического диагностирования буксовых узлов 1 с помощью кран-балки из-за наличия на пути скопившихся и ожидающих ремонта КП. При этом участок НК 6 и стенд СДВК 7 для проведения иммерсионного ультразвукового контроля ободьев цельнокатаных колёс находятся в таком месте, что в случае перемещения КП между ними по траектории Д-Е (см. рисунок 2, а при ТР) и Е-Ж (рисунок 2, б при СР), кран-балка зачастую может быть занята другими работниками КРУ. Например, слесарем РПС при перемещении КП на демонтируемый стенд 8 или со стенда технического диагностирования буксовых узлов 1 на стенд для ТР 2, 3, а также токарем для перемещения её с колёсотокарного станка к моечной машине 9 при СР или с демонтируемого стенда 8 к колёсотокарным станкам 4, 5, с колёсотокарных станков 4, 5 к участку проведения НК 6 и т. д.

Наличие в КРУ двух кранов в основном помещении не позволяет игнорировать данную проблему ввиду того, что в месте размещения участка НК 6 и стенда СДВК 7 может работать только один кран (так как может не обеспечиваться безопасное расстояние между ними в этой конкретной зоне). Хочется отметить и нерациональное размещение настроечных образцов НК 14 для проведения ежесменной настройки пороговой чувствительности средств дефектоскопии, которые располагаются за участком НК 6. Такое расположение не позволяет при СР перемещать КП к монтажному стенду 10, не прибегая все к той же кран-балке. Основным недостатком расположения вышеупомянутых технических средств на участке НК 6 является то, что данная позиция непроходная, о чём свидетельствует

постоянное использование крана при подаче на рабочее место дефектоскописта и при перемещении после проведения дефектоскопии КП на стенд СДВК 7.

На практике такая расстановка оборудования не позволяла увеличить выпуск КП из ремонта, что и привело к вопросу о перестановке и рациональному размещению технологических позиций ремонта, в том числе и участков НК.

Была предложена и реализована схема размещения участков НК, при которой количество перемещений кран-балкой значительно сокращается, увеличивается загрузка оборудования, т. е. повышается производительность труда и технологический процесс не нарушается (рисунок 3) [5].

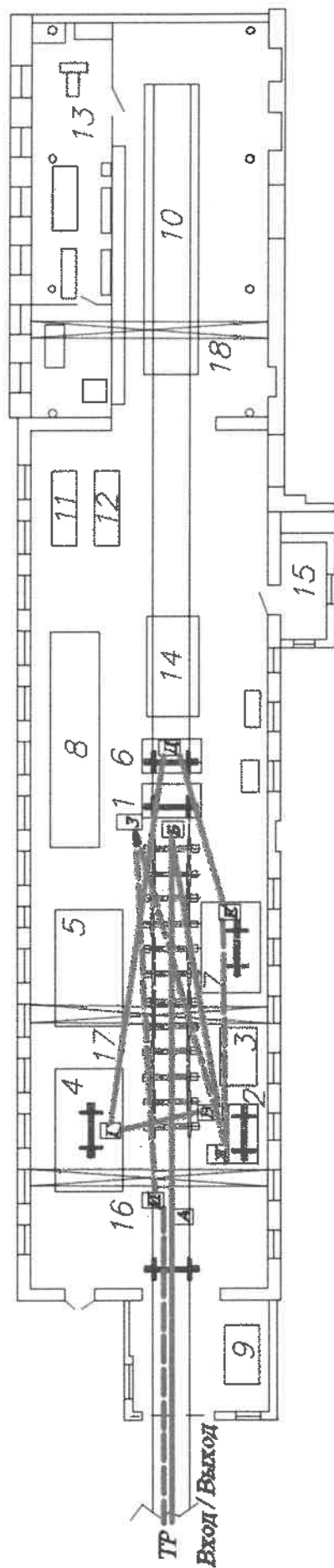
Так, стенд СДВК 7 был вмонтирован в межрельсовое технологическое пространство (ранее он был выполнен отдельно стоящим на полу) на месте расположения участка НК 6 и настроечных образцов 14 для проведения НК (см. рисунок 2). Участок НК 6 занял позицию стенда технического диагностирования буксовых узлов 1. На участке НК был установлен пневматический толкатель, осуществляющий за счёт металлической П-образной рамки выталкивание КП к стенду СДВК 7. При этом при переходе с позиции 6 (участок проведения основных операций НК) на позицию 7 (СДВК) кран-балка не используется.

Стенд технического диагностирования 1 расположили на входе КРУ, тем самым обеспечив высокую загрузку КП без использования крана (КП накатываются вручную на стенд).

Образцы настроечные для проведения НК 14 (рисунок 4) были расположены отдельно на специализированной рамке на месте расположения по старой технологии стенда СДВК 7, что позволило при СР после проведения иммерсионного ультразвукового контроля ободьев цельнокатаных колёс подавать КП накатом к монтажному стенду 10 без использования крана.

Важным является и размещение моечной машины 9 (см. рисунок 4) на месте вспомогательного помещения 15 (см. рисунок 2). Такое расположение моечной машины привело к тому, что КП, требующие обмывки при СР, не мешают перемещению КП с колёсного парка на вход КРУ, а также перемещению их на стенды для ТР 2, 3. Можно сказать, что произошла разгрузка кран-балки 16.

а)



б)

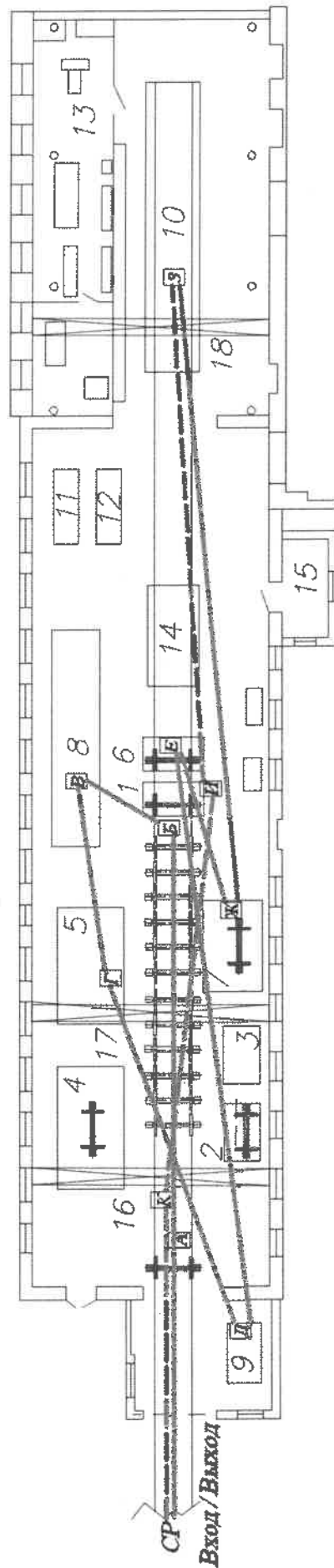


Рисунок 2 – Схема размещения участков НК в КРУ по старой технологии:

а – при текущем ремонте КР составляет восемь раз: А-Б, Б-В, В-Г, Г-Д, Д-Е, Е-Ж, Ж-З, З-И, И-К; б – при среднем ремонте КР перемещением КР происходит девять раз: А-Б, Б-В, В-Г, Г-Д, Д-Е, Е-Ж, Ж-З, З-И, И-К; 1 – стенд технического диагностирования буксовых узлов; 2, 3 – стенды для текущего ремонта КР;

4, 5 – станки колесооткарные; 6 – участок проведения НК; 7 – стенд СДВК (иммерсионный ультразвуковой автоматизированный контроль ободов цельнокатанных колес); 8 – стенд для разборки деталей; 9 – моечная машина КР; 10 – монтажный стенд; 11, 12 – моечные установки (для подшипников, корпусов букс и других деталей); 13 – роликовое отделение; 14 – образцы настроечные для проведения НК; 15 – вспомогательное помещение; 16, 17, 18 – краны мостовые

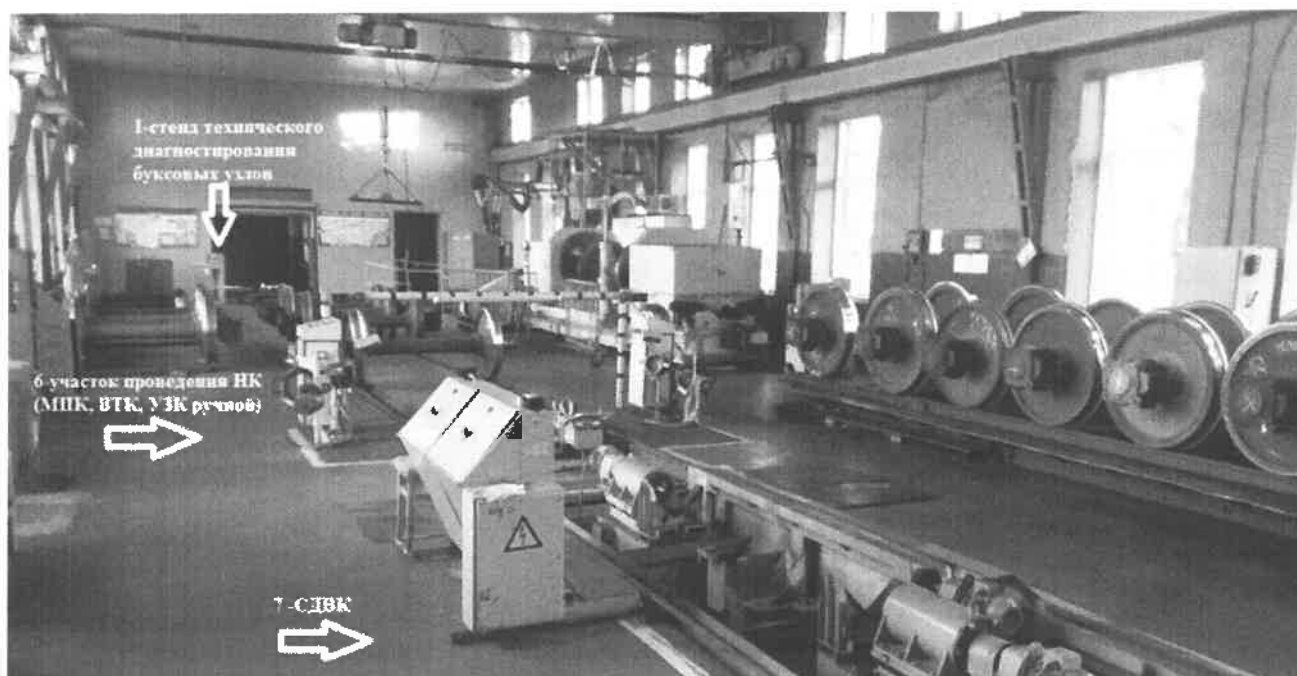


Рисунок 3 – Общий вид основного помещения КРУ по новой технологии

Основные перемещения кран-балки при ТР, СР КП в КРУ по новой технологии приведены в таблице 2 и на рисунке 4.

Таблица 2 – Транспортировка КП при ТР и СР в КРУ (по новой технологии)

Траектория перемещения	Направление перемещения КП	Профессия
<i>Средний ремонт</i>		
А–Б	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на стенд демонтажный	Слесарь РПС
Б–В	Со стенда демонтажного на колёсотокарный станок	Токарь
В–Г	С колёсотокарного станка к моечной машине	Токарь
Г–Д	С моечной машины на участок проведения НК	Дефектоскопист
Д–Е	С монтажного отделения на стенд технического диагностирования буксовых узлов	Дефектоскопист
<i>Текущий ремонт</i>		
А–Б	Со стенда технического диагностирования буксовых узлов на стенд для ТР	Слесарь РПС
Б–В	Со стенда для ТР на колёсотокарный станок	Токарь
В–Г	С колёсотокарного станка на участок проведения НК	Токарь
Г–Д	С позиции стенда СДВК на стенд для ТР	Слесарь РПС
Д–Е	Со стенда для ТР на стенд технического диагностирования буксовых узлов (через толкатель на выход цеха)	Слесарь РПС

Такое техническое решение позволило увеличить производительность ремонта КП при сокращении времени транспортировки с помощью крана (с учётом нового расположения участков и вспомогательного оборудования НК, а также исключения лишних операций перемещения на позиции НК и ремонта).

В соответствии с проведёнными замерами времени, на основании хронометражно-нормировочных карт по перемещению КП (см. рисунки 2, 4), была показана значительная экономия времени для дефектоскописта, слесаря РПС и токаря как при СР, так и при ТР.

Если принять во внимание, что потребляемое краном количество электрической энергии прямо пропорционально суммарной работе по перемещению КП, то после более рационального размещения участков НК и другого

оборудования потребление электроэнергии на перемещение КП в данном технологическом процессе снизилось на 60 %.

Конечно, полностью избавиться от лишних перемещений краном в условиях существующего КРУ Гомельского вагонного депо не получится. Однако внедрение новой эффективной технологии перемещения КП грузовых и пассажирских вагонов при ТР и СР позволило увеличить объем КП из ремонта за счёт рационального поточного размещения участков НК. Также, благодаря сокращению количества ненужных и длительных операций по перемещению КП по старой технологии, отмечено снижение финансовых затрат на электроэнергию, потребляемую кран-балкой.

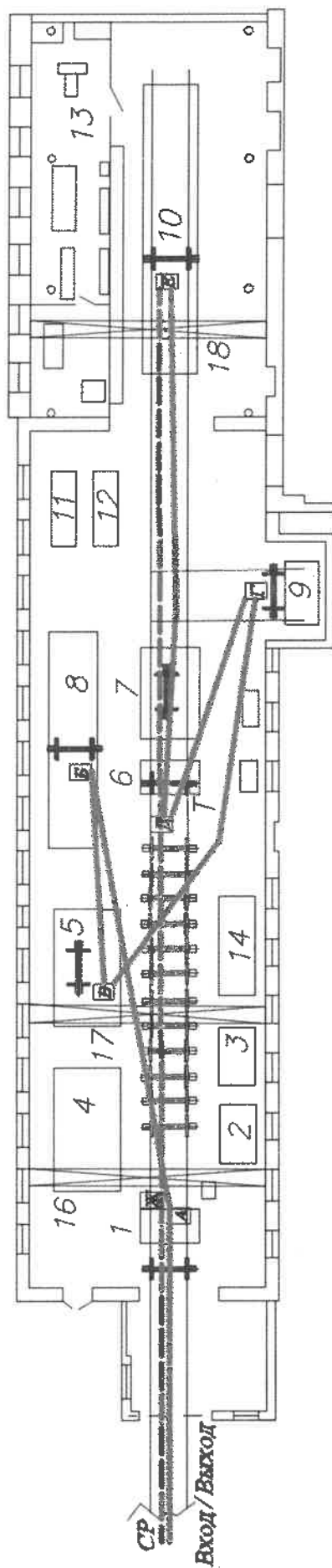
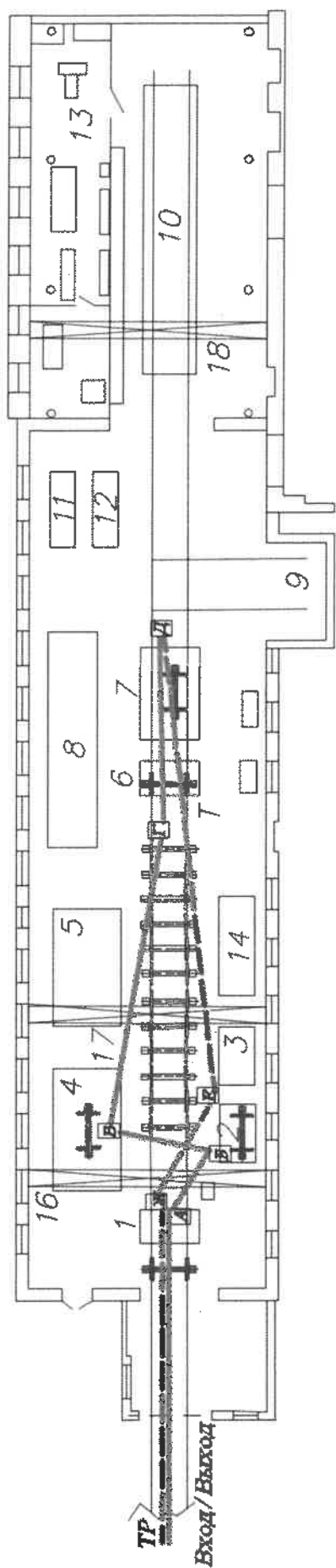


Рисунок 4 – Схема размещения участков НК в КРУ по новой технологии:

а – при текущем ремонте КП перемещение краном составляет 5 раз: А-Б, Б-В, В-Г, Д-Е, Е-Ж;

б – при среднем ремонте КП перемещение краном составляет 5 раз: А-Б, Б-В, В-Г, Г-Д, Д-Е-Ж;

1 – стэнд технического диагностирования буксовых узлов; 2, 3 – стэнд для текущего ремонта КП;

4, 5 – станки колесотомарные; 6 – участок проведения НК; 7 – стэнд СДВК (иммерсионный ультразвуковой автоматизированный контроль ободьев цельнокатаных колес);

8 – стэнд демонтажный; 9 – моечная машина КП; 10 – монтажный стэнд; 11, 12 – моечные установки (для подшипников, корпусов букс и других деталей);

13 – роликовое отделение; 14 – образцы настроечные для проведения неразрушающего контроля;

16, 17, 18 – краны мостовые; Т – толкатель для выталкивания КП на стэнд СДВК

Заключение. Рациональная расстановка участков НК, моечной машины и настроечных образцов для настройки средств дефектоскопии привела к тому, что при СР количество перемещений краном сократилось с восьми до пяти раз, а при ТР – с девяти до пяти. Это позволяет дефектоскописту не тратить время на ожидание и перемещение КП (например, при ТР КП дефектоскопист в целом не использует кран-балку) на позицию дефектоскопии, а уделять основное внимание поиску дефектов.

Список литературы

1 **Вороненко, В. П.** Оптимизация материальных потоков в производственных системах путем рационального размещения оборудования на производственном участке и распределения операций между станками / В. П. Вороненко,

К. А. Куцелап, А. Э. Шалдов // Вестник РГТА имени П. А. Соловьева. – 2018. – № 2 (45). – С. 41–47.

2 Имитационное моделирование процесса ремонта колесных пар в среде AnyLogic / О. Ю. Кривич, И. К. Сергеев, М. А. Полутов, М. Р. Мепаршвили // Наука и техника транспорта. – 2024. – № 4. – С. 63–71.

3 **Фурцев, А. И.** Повышение эффективности ремонта колесных пар вагонов на основе современных технологий : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.07 / А. И. Фурцев. – М., 2007. – 154 с.

4 **Балалаев, А. Н.** Оценка эффективности размещения оборудования на предприятиях вагонного хозяйства / А. Н. Балалаев, М. А. Паренюк // Наука и образование транспорту. – 2016. – № 1. – С. 17–20.

5 Схема размещения участков неразрушающего контроля в КРУ // АС Рационализатор: рационализаторские предложения ВЧД-7 (РП от 30.12.2019 № 2422/5, автор Отока А. Г.). – URL: <http://racio.brest.rw/racionalizator/main/html> (дата обращения: 07.05.2025).

Получено 05.05.2025

A. G. Otoka. Improving the efficiency of non-destructive testing workplaces in wheel-roller sections due to the rational placement of equipment.

The article provides an example of the inefficiency of conducting non-destructive monitoring of wheelsets in the conditions of the wheel-roller section of the Gomel wagon depot until 2017. An alternative option is proposed to increase the productivity of wheelset repairs by changing the location of non-destructive testing workstations (sections), which reduces the distance traveled by the crane from one position to another and the number of movements.