



21-osios jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos  
**TRANSPORTO INŽINERIJA IR VADYBA**,  
vykusios 2018 m. gegužės 4-5 d. Vilniuje, straipsnių rinkinys

Proceedings of the 21th Conference for Junior Researchers 'Science – Future of Lithuania'  
**TRANSPORT ENGINEERING AND MANAGEMENT**, 4-5 May 2018, Vilnius, Lithuania

Сборник статей 21-й конференции молодых ученых «Наука – будущее Литвы»  
**ИНЖЕНЕРИЯ ТРАНСПОРТА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК**, 4-5 мая 2018 г., Вильнюс, Литва

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ ДЕМОНТАЖА, ФОРМИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ КОЛЁСНЫХ ПАР ВАГОНОВ**

**Ростислав Чернин, Ольга Моисейчикова**

*Белорусский государственный университет транспорта, кафедра «Вагоны»,  
Гомель, Республика Беларусь,  
E-mail: cherninri@tut.by; lastlord@tut.by*

**Аннотация.** Рассмотрены основные разработки, выполненные в Белорусском государственном университете транспорта по новой технологической оснастке, предназначенной для ремонта колёсных пар вагонов, использование которых позволяет снизить энергоёмкость этих процессов, повысить качество получаемых соединений, сохранить посадочные поверхности сопрягаемых элементов, тем самым сберечь их ресурс, а также снизить время необходимое на производство работ, как при ремонте, так и при новом формировании колёсных пар вагонов. Приведены конструкции устройств и описан их принцип работы разработанные научными руководителями и магистрантами кафедры «Вагоны».

**Ключевые слова:** колёсные пары, гарантированный натяг, гидропрессовая технология, напрессовка, распрессовка, неразрушающий контроль, буксовый узел.

### **Введение**

Колёсные пары железнодорожных вагонов являются одними из ответственных узлов и оказывают существенное влияние на безопасность движения поездов. В последнее время на железных дорогах стран СНГ возросло количество вагонов с буксовыми узлами кассетного типа, однако значительное число подвижного состава как грузового, так и пассажирского по-прежнему оснащены роликовыми подшипниками не кассетного типа. Поэтому важным вопросом является также обеспечение качественного их ремонта при снижении энергетических затрат на его проведение.

В Белорусском государственном университете транспорта ведутся разработки, направленные на решение указанных выше вопросов. Их можно разделить на следующие направления: - разработка новой технологической оснастки для ремонта колёсных пар; - разработка технологической оснастки к существующему оборудованию для повышения качества ремонта и снижения расходов на его выполнения; - исследования и разработка новых способов и устройств для контроля прочности соединения прессовых соединений колёсных пар.

### **Технологическая оснастка для существующего промышленного оборудования**

Согласно действующему руководящему документу

(*Rukovodyashchiy dokument 2017*) распрессовка колес с осей выполняется на гидравлических прессах, причем особо отмечено, что распрессовка должна производиться с применением специальных приспособлений, исключающих изгибы шеек осей и повреждение их образующих поверхностей и торцов, а также деформацию резьбы.

Разработанное устройство для распределения сдвигающего аксиального усилия на ось колёсной пары при механической распрессовке (Chernin I., Chernin R. 2002) представленное на рис. 1, которое позволяет исключить отмеченные выше повреждения торцов и изгибы шеек, развальцовку цилиндрических частей осей при запрессовке и распрессовке соединений с натягом колёс и осей.

Указанное устройство представляет собой гидроцилиндр высокого давления двухстороннего действия, который устанавливается соосно между торцами плунжера пресса для разборки соединений с гарантированным натягом и выпрессовываемой из ступицы колеса оси, содержит цилиндрическую рабочую камеру 1 с торцовыми крышками в виде стаканов с центральными отверстиями 2 и кольцевыми уплотнениями высокого давления.

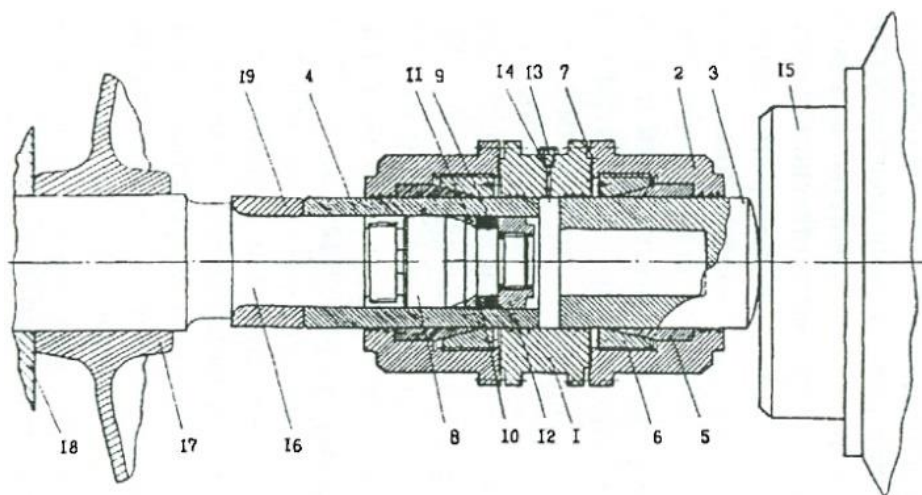


Рис. 1. Устройство для распределения сдвигающего аксиального усилия на ось колёсной пары при механической распрессовке

Имеются два concentрично размещённых внутри камеры цилиндрических силовых элемента, а также соосно и оппозитно расположенный по отношению к последним пуансон 3, воспринимающий аксиальное сдвигающее усилие от плунжера прессы, обуславливающее величину давления жидкого минерального масла или консистентной смазки внутри рабочей камеры. Силовые элементы позволяют перераспределить аксиальное сдвигающее усилие на торец оси и на кольцевую поверхность галтели шейки. Указанные силовые элементы выполнены в виде гладкой гильзы 4 с размещённым внутри последней плавающим поршнем 8, снабжённым кольцевыми уплотнениями двух ступеней. При этом первая ступень представляет собой резиновое кольцо 9, которое с повышением давления поджимает вторую ступень, изготовленную в виде отдельных пластмассового 10 и латунного колец 11. При неполном заполнении рабочей камеры маслом давление гидросреды передаётся только на поверхность галтели шейки оси колёсной пары.

При расчёте экономической эффективности использования данного устройства, учитывая только один из элементов непроизводительных расходов механической распрессовки колёсных пар, а именно исключение задиrow на поверхностях подступичных частей осей колёсных пар вагонов, возможно:

- исключить дополнительную механическую обработку подступичных частей осей вагонов;
- сохранить для дальнейшей эксплуатации более 15–20 % осей (срок службы которых составляет 25 лет), ранее получавших неустранимые повреждения.

Эффективная механическая запрессовка колёсных пар может осуществляться только в условиях, исключая сухое и полусухое трение в зоне сопряжения, при которых не прерывается пленка смазки на поверхности контакта при относительном смещении деталей.

Для совершенствования технологии сборки соединений с гарантированным натягом разработано

устройство (Chernin I., Chernin R. 2010a.), представленное на рис. 2.

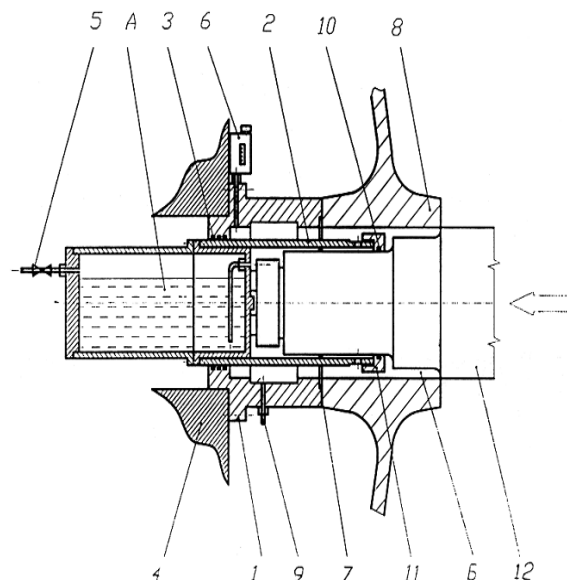


Рис. 2. Устройство для смазки поверхностей сопряжения осей и колёс при механической запрессовке колёсных пар

Использование данного устройства позволяет повысить исходную прочность и надёжность напрессовок при формировании колёсных пар вагонов, так как обеспечивается снижение сил трения в зоне сопряжения деталей при их относительном перемещении под воздействием аксиальной сдвигающей нагрузки и уменьшение переформирования исходного микропрофиля поверхностей контакта сопрягаемых деталей.

Устройство работает следующим образом. Ступицу колеса 8, подлежащего напрессовке на ось 12, устанавливают concentрично относительно штока 2 до соприкосновения её торца с торцом корпуса 1 с уплотнением 7. Заводят ось 12 заходным конусом последней внутрь ступицы колеса 8, при этом шейка оси размещается внутри полости штока 2. Колесо 8 и ось 12 формируемой

колёсной пары поддерживают в соосном горизонтальном положении на прессе с помощью электротельферов последнего (на рисунке условно не показаны). Ступица колеса центрируется относительно оси 12 по заходному конусу её подступичной части. Давлением плунжера гидроцилиндра пресса в свободный торец оси 12 поджимают колесо к корпусу 1, образуя изолированную рабочую полость Б внутри его и ступицы колеса 8. В полость А, заполненную жидкой смазкой, подают сжатый воздух через кран 5, который вытесняет последнюю в рабочую полость Б. Уровень заполнения указанной полости Б контролируют по появлению масла из отверстия компенсационной ёмкости 6. Включают используемый гидравлический пресс для формирования колёсных пар и осуществляют аксиальное перемещение оси 12 плунжером последнего относительно ступицы колеса 8. Масло проникает по всем микронеровностям на поверхностях контакта сопрягаемых деталей. При перемещении оси 12 внутри ступицы колеса масло выдавливается из рабочей полости Б в резервуар А. После посадки колеса на ось по месту напрессовки отключают плунжер пресса, удаляют остатки масла из полости Б через сливной клапан 9, выводят ось 12 с напрессованным на её подступичную часть колесом из внутренней полости устройства для смазки, освобождая шейку оси от соприкосновения со штоком 2. Аналогично выполняют напрессовку второго колеса формируемой колёсной пары.

При модернизации типового гидравлического пресса (с номинальным усилием 6300 кН) дополнительно на плунжере силового цилиндра пресса монтируется навесная гидроголовка (Chernin I., Chernin R. 2010b) в виде цилиндра высокого давления (рис. 3).

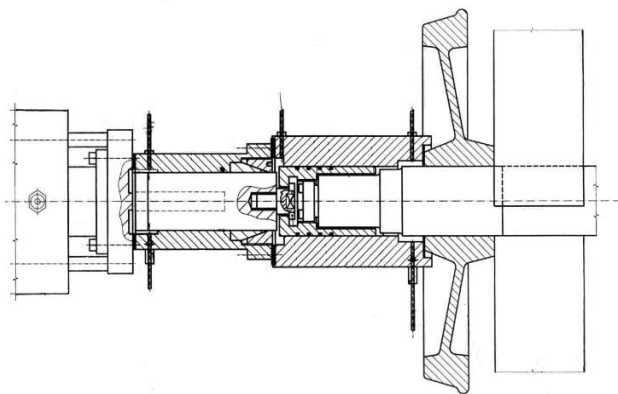


Рис. 3. Устройство для напрессовки оси колеса

Одна из полостей этого гидроцилиндра подключается к гидросистеме пресса. Поршень-шток навесной гидроголовки скрепляют с шейкой оси колёсной пары. Затем, надвигают рабочую полость двухкамерного корпуса цилиндра на выступающую (за край ступицы колеса) часть оси колёсной пары, прижимают открытый торец корпуса гидроголовки к наружному торцу ступицы на уплотнительной прокладке при помощи плунжера основного силового гидропресса. Заполняют рабочую жидкостью (маслом) под давлением образующийся внутри рабочей полости гидрого-

ловки объём (от постороннего источника высокого давления) и осуществляют маслосъём колеса с оси колёсной пары в условиях гидрораспора в зоне их сопряжения с натягом при перемещении поршень-штока внутри корпуса гидроголовки. В процессе перемещения поршень-штока фиксируется аксиальное усилие сдвига на торец оси колёсной пары, создаваемое в навесной гидроголовке. Данное устройство позволяет реализовать: маслосъём колёс и гидропрессовую сборку колёсных пар; создание удобного соосного скрепления поршень-штока гидроголовки с осью колёсной пары; снижение металлоёмкости конструкции; улучшение защиты рабочей полости гидроголовки от утечек рабочей жидкости; повышение производительности технологического процесса формирования-расформирования соединений с натягом, а также, снижение аксиальной нагрузки, передаваемой на объёмлющую раму, при осуществлении работ на используемом прессовом оборудовании.

Для оценки механических напрессовок колёс на ось при формировании колёсных пар вагонов используется индикаторная диаграмма запрессовки (оценивается форма диаграммы, длина напрессовки и величина конечного усилия). Результаты запрессовки регистрируют в журнале учета. Забракованные колёсные пары подают на пресс для расформирования. Годные и забракованные диаграммы механической запрессовки соединений с натягом после оформления и приемки колёсных пар хранят в течение 20 лет. Для дополнительного контроля прочности механической запрессовки в разработано представленное на рис. 4 устройство (Chernin I., Chernin R. 2006).

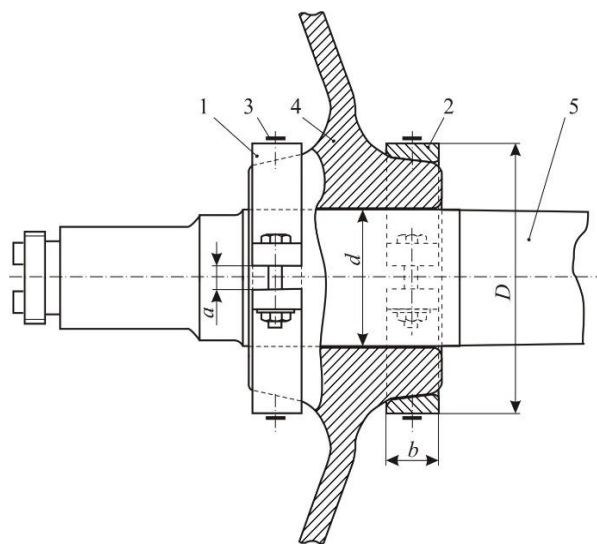


Рис. 4. Устройство для контроля прочности механической напрессовки колеса на ось колёсной пары

Устройство работает следующим образом – клеммовые соединения 1 и 2 в свободном состоянии надевают на ступицу колеса 4, подлежащего напрессовке на ось 5. Затем зажимают стяжные болты с целью обеспечения неподвижного закрепления клеммовых соединений 1 и 2 на ступице колеса 4 с незначительным предварительным натягом. В таком положе-

нии при помощи тензодатчиков 3 фиксируют нормальные растягивающие напряжения на наружных цилиндрических поверхностях элементов клеммовых соединений 1 и 2 (установка относительно нуля, т.е. балансировка каналов тензоаппаратуры при температуре производственного помещения до сборки пресового соединения). Колесо 4 вместе с клеммовыми соединениями 1, 2 напрессовывают на подступичную часть оси колесной пары. После напрессовки колеса 4 на подступичную часть оси 5 измеряют упомянутые выше напряжения, по величине последних определяют контактное давление и натяг.

Сравнивают полученные результаты с эталонными допустимыми значениями. При отклонениях, превышающих установленные нормативные значения, полученное соединение бракуется и подлежит расформированию. Выполняется сборка с записью новых значений параметров сформированного соединения.

### Новая технологическая оснастка для ремонта колёсных пар грузовых и пассажирских вагонов

При эксплуатации колёсных пар вагонов внутренний посадочный диаметр корпуса буксы получает повреждения и изнашивается. В соответствии с требованиями нормативной документации посадочный диаметр восстанавливается наплавкой с последующей механической обработкой до требуемых размеров.

Разработано устройство для нанесения полимера на посадочную поверхность (Chernin I., Chernin R. 2016) представленное на рис. 5.

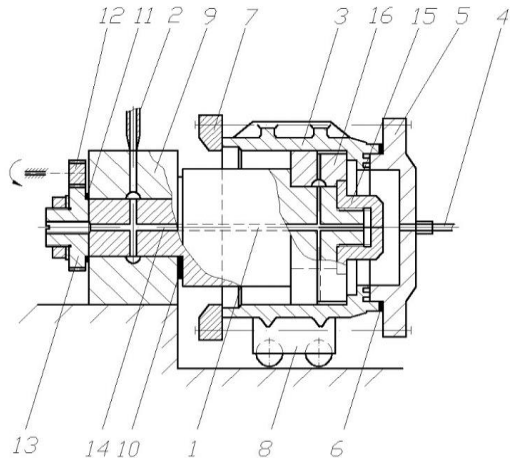


Рис. 5. Устройство для нанесения полимерного покрытия на внутреннюю поверхность корпуса роликовой колёсной пары

Устройство позволяет наносить расплав полимера на внутренние цилиндрические поверхности корпусов букс для восстановления посадочных поверхностей до требуемых размеров, и обеспечить защиту от коррозии.

Устройство состоит из подающей расплав полимера ступенчатой оправки с внутренними каналами и неподвижной опорной части, на которой закрепляется упомянутая оправка. Оправка установлена с возможностью вращения вокруг собственной продольной оси с помощью зубчатой передачи и снабжена сменной

калибрующей ступенчатой втулкой. Корпус буксы закрепляется неподвижно на опоре, которая перемещается вдоль вращающейся оправки. Внутренняя полость корпуса со стороны oppositно расположенной месту ввода вращающейся оправки изолируется от внешней среды торцевой технологической крышкой, снабжённой средством подвода и регулирования давления сжатого воздуха. При сочетании вращающегося движения оправки и продольного перемещения вдоль неё корпуса буксы наносимый полимерный материал прижимается калибрующей частью оправки к стенкам корпуса буксы и уплотняется, а давление воздуха усиливает адгезию полимерной плёнки к покрываемой подложке. Аналогично возможно осуществлять облицовку наружных поверхностей цилиндрических деталей (валов, осей, труб) при осуществлении их вращения вокруг продольной оси и аксиального перемещения калибрующей оправки со средством подвода расплава полимера.

Большая часть экономического эффекта (с учётом объёмов ежегодного ремонта не только грузового, но и пассажирского подвижного состава) заключается в экономии электроэнергии за счёт того, что процесс облицовки потребует её затрат меньше, чем процесс наплавки, а также за счёт исключения необходимости механической обработки восстановленной поверхности до требуемых размеров.

Для монтажа-демонтажа внутренних колец буксовых подшипников на шейку оси колёсной пары при среднем и капитальном ремонте колёсных пар разработано устройство (Chernin I., Chernin R. 2017) позволяющее производить технологические операции с использованием рабочей жидкости высокого давления, приведенное на рис. 6.

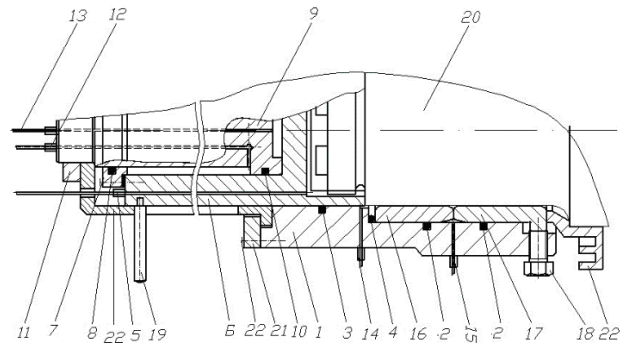


Рис. 6. Устройство для распрессовки и запрессовки колец буксовых подшипников колёсных пар

Устройство работает следующим образом. Перед разборкой соединения устанавливают концентрично основную часть 1 корпуса рабочего гидроцилиндра на напрессованные на шейку оси кольца 16, 17 переднего и заднего подшипников. Наворачивают на шейку 20 оси направляющий шток 6 при помощи радиально закреплённых на нём рукояток 19. При помощи винтов крепления 18 закрепляют на буртике кольца 17 заднего подшипника (концентрично ему) корпус 1. Нагнетают по маслопроводам 14, 15 минеральное масло под высоким давлением  $p_{mi}$  с торцов напрессованных колец подшипников в зону их сопряжения с

шейкой 20 оси колёсной пары. Подают масло в изолированную полость направляющего штока 6 через штуцер 13 маслопровода и сдвигают кольца заднего и переднего подшипников по образовавшейся масляной прослойке между поверхностями их контакта с шейкой оси на цилиндрическую поверхность направляющего штока 6 (меньшего диаметра по сравнению с шейкой оси). Удаляют масло из устройства через сливной клапан (на чертеже условно не показан), отворачивают направляющий шток 6 и снимают устройство вместе со снятыми с шейки оси кольцами подшипников с колёсной пары, освобождают элементы крепления 18 и удаляют из устройства снятые кольца.

Гидрозапрессовка колец 16, 17 осуществляется в обратной последовательности. Устанавливают кольца 16 и 17 во внутреннюю полость основной части 1 корпуса рабочего гидроцилиндра (в правом крайнем его положении) концентрично относительно направляющего штока 6 и закрепляют винты 18 на буртике кольца 17. Наворачивают направляющий шток 6 на резьбовую часть шейки 20 оси колёсной пары. Выполняют незначительную запрессовку кольца 17 на шейку оси, подавая масло в полость "Б" направляющего штока 6. Затем нагнетают масло высокого давления  $p_{mi}$  через маслопровод 22 в зону сопряжения и, продолжая подавать масло в полость "Б", выполняют гидронапрессовку кольца 17 на шейку оси до упора кольца 16 в шейку оси. Подключают подачу масла высокого давления  $p_{mi}$  через штуцеры 14, 15 и, продолжая подавать масло через штуцер 12 в полость "Б", завершают напрессовку колец 17 и 16 по масляной плёнке на шейку 20 оси до упора кольца 17 в торец лабиринтного кольца 23 буксы. Сливают масло, освобождают крепления 18, отворачивают направляющий шток 6 и снимают устройство с оси колёсной пары.

Новая технологическая оснастка для контроля прочности напрессовки элементов колёсных пар вагонов при ремонте.

Разработан метод неразрушающего контроля прочности напрессовки колец буксовых подшипников на шейки осей колёсных пар (Chernin I., Chernin R. 2008.), схема осуществления которого приведена на рис. 7.

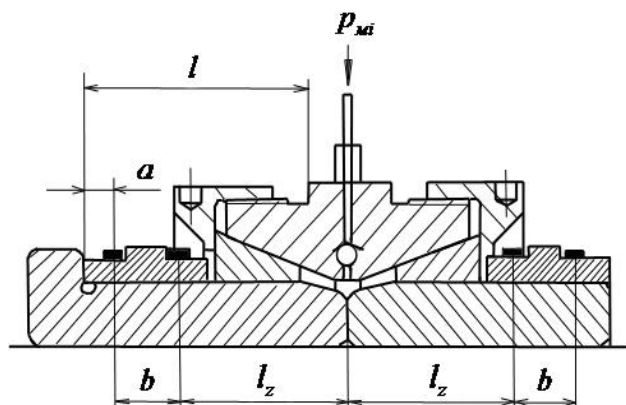


Рис. 7. Схема осуществления неразрушающего контроля прочности напрессовки колец подшипника

Метод позволяет осуществлять оценку прочности соединений при новом формировании и выполнять контроль прочности сопряжения напрессованных ранее внутренних колец подшипников на шейки осей. Сущность предлагаемого метода заключается в оценке натяга по замеряемым деформациям наружной поверхности напрессованного внутреннего кольца подшипника при воздействии на её внутреннюю поверхность высокого давления жидкой смазки, нагнетаемой в зону сопряжения. В качестве критерия для оценки прочности полученного соединения с натягом используется величина контактного давления в сопряжении, определяемая по предложенной аналитической зависимости (1).

Методика реализации разработанного метода оценки прочности сопряжения кольца подшипника с шейкой оси при использовании гидрораспора в зоне сопряжения предусматривает:

1. определение относительных координат сечения  $\varepsilon_0$  (относительное проникновение рабочей жидкости вглубь сопряжения);
2. расчёт гидродинамического давления  $p_{vz}$  в зазоре на удалении  $l_z$  с использованием данных, проводимых замеров деформаций на поверхности напрессованной детали;
3. определение создаваемого контактного давления  $p_k$  по установленной аналитической зависимости (1).

Расчётная формула для определения  $p_{vz}$  получена согласно решению Ляме-Гадолина из зависимости для определения перемещений на поверхности цилиндрической охватывающей детали соединения под воздействием внутреннего давления в толстостенном цилиндре:

$$p_{mz} = \Delta d_2 (m_k^2 - 1) E / 2d_2, \quad (1)$$

где:  $\Delta d_2$  – средняя величина увеличения наружного диаметра  $d_2$ , м;  $d_2$  – наружный диаметр внутреннего кольца буксового подшипника, м;  $m_k$  – конструктивный коэффициент,  $m_k = d_2/d$ ;  $d$  – диаметр сопряжения внутреннего кольца буксового подшипника с шейкой оси колёсной пары,  $E$  – модуль Юнга (для стали  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа).

Значение  $\Delta d_2$  устанавливается при помощи средств измерений, применяемых в депо и на заводах при изготовлении и ремонте колёсных пар вагонов.

Экспериментальная проверка способа контроля прочности сопряжения по величине нормальных напряжений на поверхности измерительного элемента, позволила разработать номограмму (рис. 8) для определения натяга в соединении по двум возможным критериям: по изменению наружного диаметра внутреннего кольца буксового подшипника вследствие натяга в сопряжении и по величине контактного давления в зоне сопряжения.

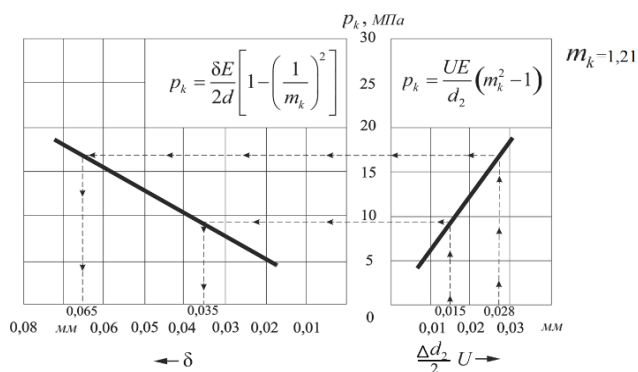


Рис. 8. Номограмма для определения натяга в контролируемом соединении

### Выводы

Использование разработанных устройств при ремонте и формировании колёсных пар вагонов позволит повысить качество выполняемых работ, снизить себестоимость и повысить безопасность движения поездов. Дальнейшее направление исследований и разработок в связи с всё большим использованием на железных дорогах стран СНГ безбуксовых подшипников кассетного типа является разработка устройств для монтажа-демонтажа кассетных подшипников с использованием гидропрессовой технологии.

### Литература

- Rukovodyashchiy dokument. 2017. *Rukovodyashchiy dokument po remontu i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu kolosnykh par s buksovymi uzlami gruzovykh vagonov magistral'nykh zheleznnykh dorog kolei 1520 (1524 mm)*. Moskva. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2002. *Ustroystvo dlya raspredeleniya sdvigayushchego aksial'nogo usiliya na os' kolosnoy pary pri mekhanicheskoy raspresovke* BY 761 U.: 192. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2010a. *Ustroystvo dlya smazki poverkhnostey sopryazheniya osey i kolos pri mekhanicheskoy zapressovke kolosnykh par* BY 13117 C1.: 73–74. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2010b. *Ustroystvo dlya raspresovki osi koleasa* BY 13903 C1.: 80. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2006. *Ustroystvo dlya kontrolya prochnosti mekhanicheskoy napressovki koleasa na os' kolosnoy pary* 2006. BY 2431 U.: 172–173. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2016. *Ustroystvo dlya naneseniya polimernogo pokrytiya na vnutrennyuyu poverkhnost' korpusa bukсы rolikovoy vagonnoy kolosnoy pary* BY 20295, 123. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2017. *Ustroystvo dlya raspresovki i zapressovki kolets buksovykh podshipnikov kolosnykh par*. Yevraziyskoye patentnoye vedomstvo 028649 B1. (in Russian).
- Chernin, I. L.; Chernin, R. I. 2008. *Sposob nerazrushayushchego kontrolya prochnosti napressovki kolets podshipnikov na sheyke osi kolosnoy pary* RU 2329478 C1/41 p. (in Russian).