

УДК 629.4.077-592:001.891.5

А.П. Киницкая, М.И. Яланский, Т.В. Шелейко, В.В. Гончаров

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОРЕЖИМОВ 265А-4 И 265А-4М

Представлены результаты расчетных исследований тормозных характеристик грузового вагона с увеличенным по сравнению с тележкой 18-100 прогибом рессорных комплектов под грузом при использовании авторежимов моделей 265А-4 (ОАО «Транспневматика») и 265А-4М (ГП Харьковский машиностроительный завод «ФЭД»).

Создание тележек с увеличенным до (50-55) мм прогибом рессорных комплектов под грузом с целью улучшения ходовых характеристик грузовых вагонов обуславливает необходимость расширения диапазона регулирования давления воздуха в тормозном цилиндре, которое невозможно обеспечить серийно выпускаемыми авторежимами 265А-1. К тому же известно, что при использовании авторежимов 265А-1 на вагонах с тележками 18-100, имеющими прогиб рессорных комплектов под грузом (39-40) мм при 100 % загрузке, уже при частично загруженном (60-70 % от грузоподъемности) вагоне в тормозном цилиндре реализуется максимальное давление воздуха, которое должно быть при его 100 % загрузке.

С целью расширения диапазона регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре в зависимости от загрузки вагона созданы авторежимы 265А-4 и 265А-4М.

Основным различием указанных авторежимов является подход в реализации хода сухаря при прогибе рессорных комплектов под грузом.

В процессе экспериментальных и аналитических исследований указанных авторежимов установлены аналитические зависимости для определения давления воздуха, поступающего в тормозной цилиндр от авторежима, обеспечивающие удовлетворительную сходимость расчетных и экспериментальных значений.

Удовлетворительная согласованность полученных экспериментальных и определенных по аналитическим зависимостям значений давления воздуха, поступающего от авторежима в тормозной цилиндр, дает возможность расчетным методом оценить разброс тормозной эффективности вагонов при разной их загруженности, а также соответствие тормозных характеристик требованиям нормативных документов относительно отсутствия юзовых ситуаций и наличия запаса по сцеплению колес с рельсами при торможении.

В результате расчетных исследований с использованием аналитических зависимостей и учетом предусмотренных нормативными документами [1], [2] диапазонов давления воздуха в тормозном цилиндре порожнего и груженого вагона при среднем и груженом режимах торможения определены диапазоны разброса тормозных характеристик вагона при разных его загрузках.

В связи с тем, что теперь при создании новых моделей вагонов предусмотрено использование как среднего, так и груженого режимов торможения [3], исследования выполнены для обоих режимов торможения.

© *А.П. Киницкая, М.И. Яланский, Т.В. Шелейко, В.В. Гончаров 2009*

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

Анализ конструкции и принципа действия указанных авторежимов показывает, что для получения нормативных диапазонов давления воздуха в тормозном цилиндре [1] осуществляется регулировка авторежимов, при которой L_0 (расстояние между точкой опоры рычага на сухарь и точкой приложения сил, действующих на нижний поршень пневматического реле порожнего вагона) находится в пределах (3,6-3,8) см.

В связи с этим расчетные исследования проведены при предельных значениях L_0 нормативных диапазонов давления воздуха, поступающего от воздухораспределителя в авторежим $P_{цв}$ (при среднем режиме $P_{цв} = (3,0-3,4)$ кгс/см², при груженом $P_{цв} = (4,0-4,5)$ кгс/см²) и зазоре между упором авторежима и опорной балкой 1 мм. Для определения величины хода сухаря L_c в зависимости от хода демпфера L_d авторежима 265А-4М использовано уравнение, полученное в результате аппроксимации экспериментальных данных опытных образцов авторежима, которое имеет вид:

$$L_c = -0,004647 \cdot L_d^3 + 0,005061 \cdot L_d^2 + 0,70486 \cdot L_d \quad (1)$$

По результатам расчетных исследований на рисунках 1, 2, 3 приведены графические зависимости давления в тормозном цилиндре $P_{ца}$ и расчетных тормозных коэффициентов δ_p от прогиба рессорных комплектов под грузом $f_{пр}$, а для наглядности и от нагрузки от колесной пары на рельсы q при использовании авторежима 265А-4, а на рисунках 4, 5, 6 – при использовании авторежима 265А-4М.

При максимальном ходе сухаря, достигаемом значительно раньше (т.е. при загрузке, существенно меньшей 100 % загрузки вагона) максимального прогиба рессорных комплектов под грузом при 100 % загрузке вагона, возможны юзовые ситуации при торможении частично загруженных вагонов. В связи с этим на рисунках, кроме графических зависимостей, характеризующих расчетные тормозные коэффициенты, обусловленные давлением воздуха, поступающего в тормозной цилиндр от авторежима, приведены графические зависимости обусловленных сцеплением колес с рельсами допустимых расчетных тормозных коэффициентов $[\delta_p]$ без запаса и с 15 % запасом по сцеплению. Согласно требованиям [1] расчетные тормозные коэффициенты, которые реализуются при торможении вагонов, не должны превышать допустимых с 15 % запасом по сцеплению колес с рельсами.

Из рассмотрения графических зависимостей, приведенных на рис. 1 и 4, видно, что с учетом диапазонов разброса L_0 и $P_{ца}$ при среднем и груженом режимах, регулировка давления воздуха в тормозном цилиндре заканчивается при достижении нагрузки (15–16) тс/ось при авторежиме 265А-4 и (21–22) тс/ось при 265А-4М, т.е. диапазон регулировки составляет (52–58) % грузоподъемности вагона при использовании авторежима 265А-4 и (86–92) % – авторежима 265А-4М.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рис. 2 и 5 показывает, что при среднем режиме торможения и использовании как авторежима 265А-4, так и 265А-4М отсутствуют юзовые ситуации при торможении как полностью, так и частично загруженного вагона. Расчетные тормозные коэффициенты, обусловленные давлением воздуха, который поступает в тормозной цилиндр от авторежимов, находятся в пределах нормативных требований [1] и [2].

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

При груженом режиме торможения (рис. 3 и 6) не выполняется требование относительно реализации расчетных тормозных коэффициентов с нормативным запасом по сцеплению колес с рельсами при нагрузке от колесной пары на рельсы меньше 18 тс/ось при использовании авторежима 265А-4 и меньше 13 тс/ось – авторежима 265-4М. При этом реализуются расчетные тормозные коэффициенты, которые превышают допустимые с нулевым запасом по сцеплению колес с рельсами, т.е. подтверждают возможность юза:

– для авторежима 265А-4 при $L_0 = 3,8$ см, $P_{ца} = 4,5$ кгс/см² и нагрузке меньше 15 тс/ось, и при $L_0 = (3,6-3,8)$ см, $P_{ца} = (4,2-4,5)$ кгс/см², нагрузке меньше 11 тс/ось;

– для авторежима 265А-4М при $L_0 = 3,8$ см, $P_{ца} = 4,5$ кгс/см² нагрузке меньше 9 тс/ось.

С целью определения наиболее приемлемых регулировок авторежимов, при которых отсутствуют юзовые ситуации при торможении как полностью, так и частично загруженных вагонов, осуществлены расчеты по определению тормозных характеристик при регулировках авторежимов, обеспечивающих $L_0 = (3,5-3,6)$ см, и включении воздухораспределителя на средний и груженный режимы. При определении L_c для авторежима 265А-4М использовано уравнение (1).

По результатам этих расчетов приведены графические зависимости $P_{ца}$ и δ_p от прогиба рессорных комплектов под грузом $f_{пр}$ (для наглядности и от нагрузки от колесной пары на рельсы q) при среднем и груженом режимах торможения и использовании авторежима 265А-4 на рис. 7, 8, 9, и авторежима 265А-4М на рис. 10, 11, 12. С целью наглядной оценки наличия (отсутствия) юзовых ситуаций на указанных рисунках приведены графические зависимости допустимых расчетных тормозных коэффициентов $[\delta_p]$ без запаса и с 15 % запасом по сцеплению колес с рельсами.

Из анализа графических зависимостей, приведенных на рис. 8 и 11 видно, что при $L_0 = (3,5 - 3,6)$ см и среднем режиме торможения при использовании авторежимов 265А-4 и 265А-4М юзовые ситуации отсутствуют и реализуются расчетные тормозные коэффициенты, которые не превышают допустимых с 15 % запасом по сцеплению колес с рельсами.

При груженом режиме торможения (рис. 9 и 12) не выполняется требование относительно реализации расчетных тормозных коэффициентов с нормативным запасом по сцеплению колес с рельсами при нагрузке от колесной пары на рельсы меньше 18 тс/ось при использовании авторежима 265А-4 и меньше 11 тс/ось – авторежима 265-4М. При этом реализуются расчетные тормозные коэффициенты, которые превышают допустимые с нулевым запасом по сцеплению колес с рельсами, т.е. подтверждают возможность юза для авторежима 265А-4 при $L_0 = (3,5-3,6)$ см, $P_{ца} = 4,5$ кгс/см² и нагрузке меньше 11 тс/ось. При использовании авторежима 265А-4М превышений допустимых расчетных тормозных коэффициентов с нулевым запасом по сцеплению нет, т.е. при использовании авторежима 265А-4М значительно лучше обеспечиваются нормативные требования относительно отсутствия юзовых ситуаций при торможении вагонов.

С целью обеспечения полного соответствия требованиям нормативных документов осуществлена оценка тормозных характеристик вагона с авторежимом 265А-4М, имеющим $L_0 = (3,5-3,6)$ см и зависимость $L_c = f(L_0)$ приведенную на рис. 13 и характеризующую уравнениями:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

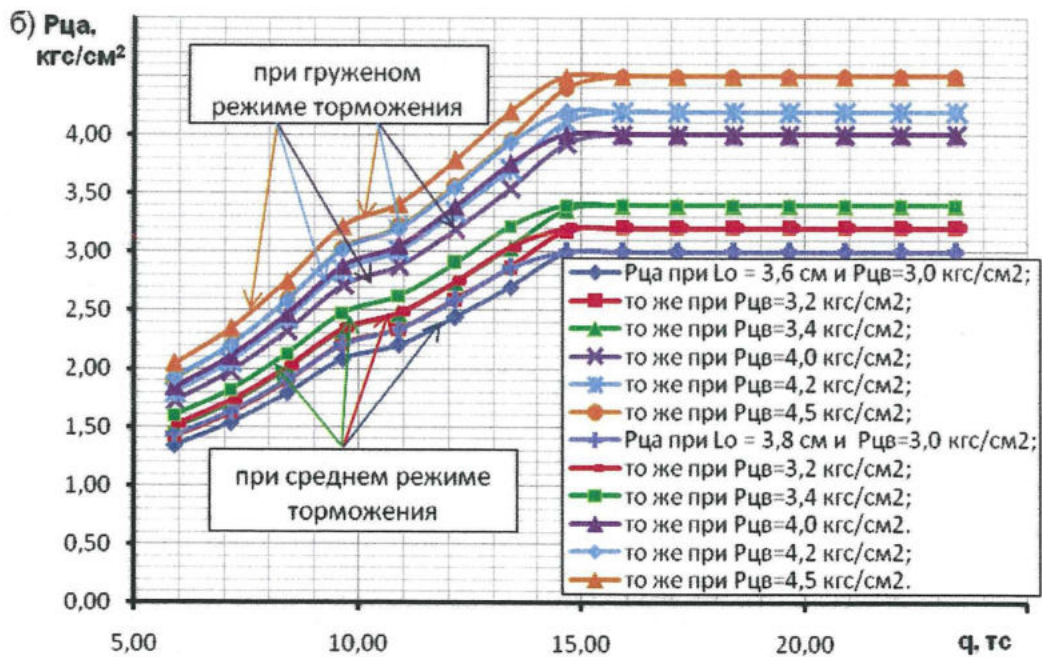
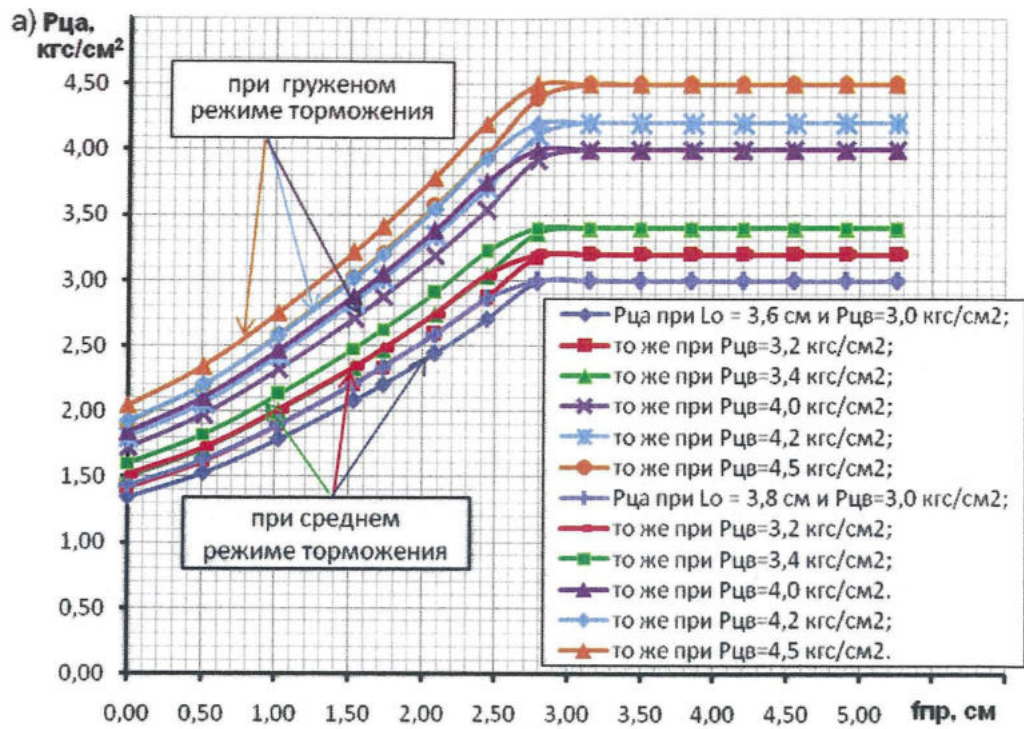


Рис. 1. Зависимость давления воздуха в тормозном цилиндре от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

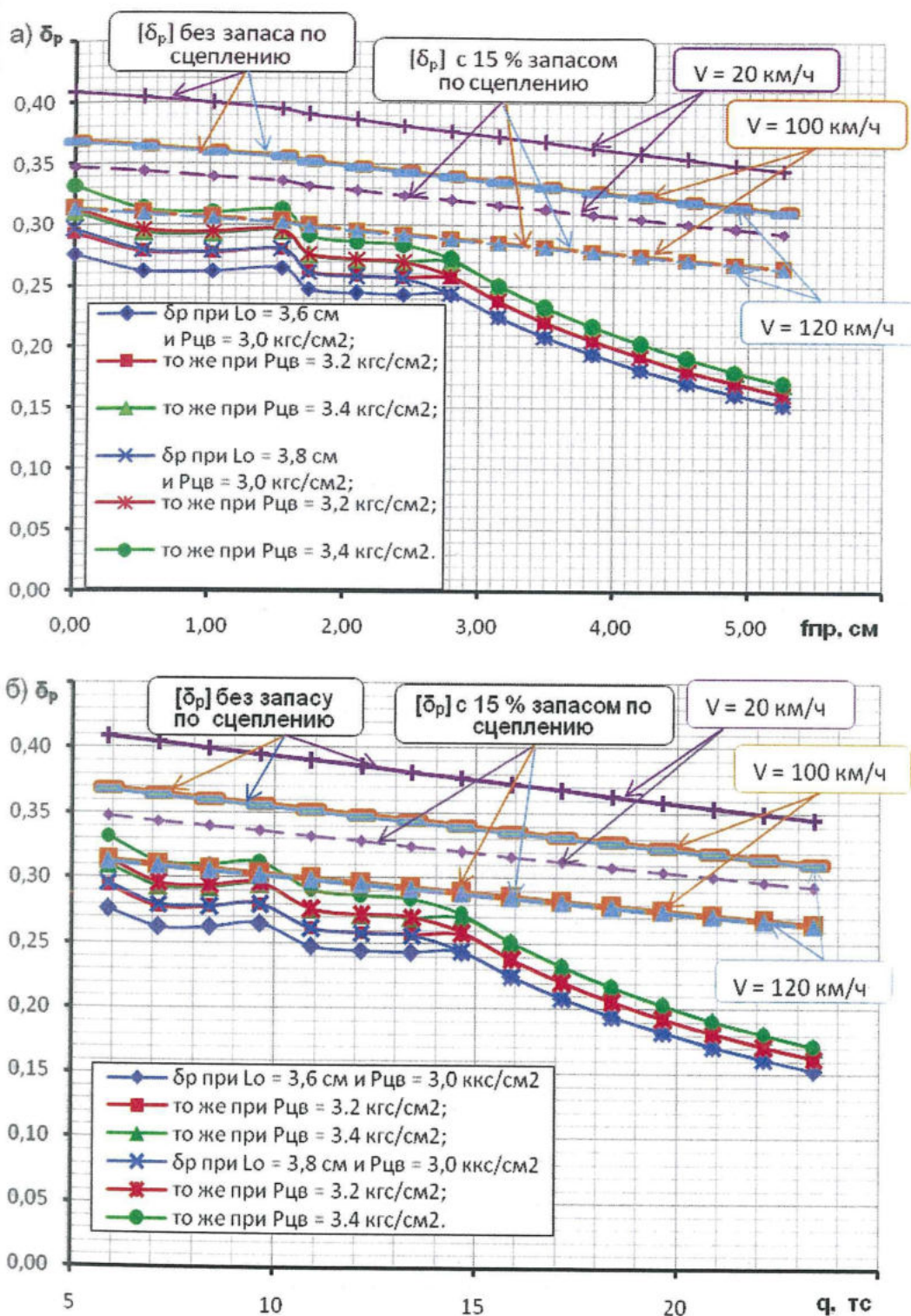


Рис. 2. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при среднем режиме торможения и использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

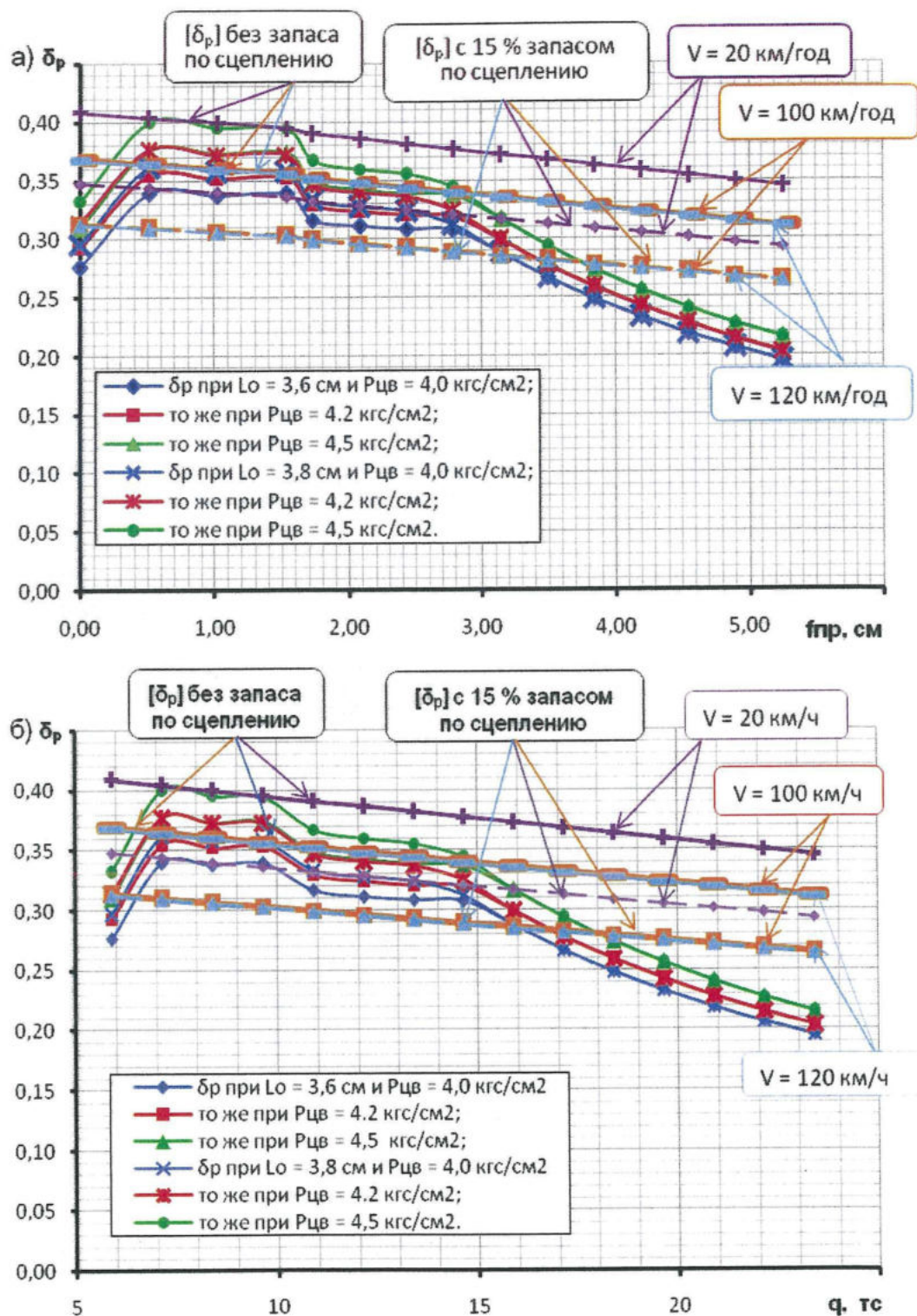


Рис. 3. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при грузеном режиме торможения и использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

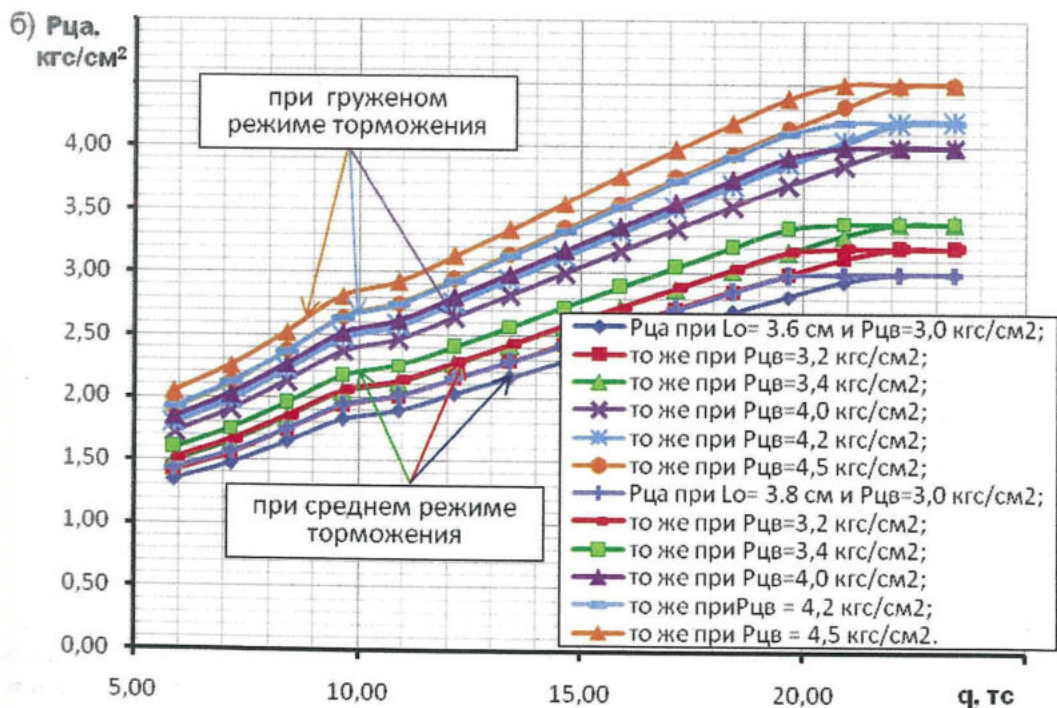
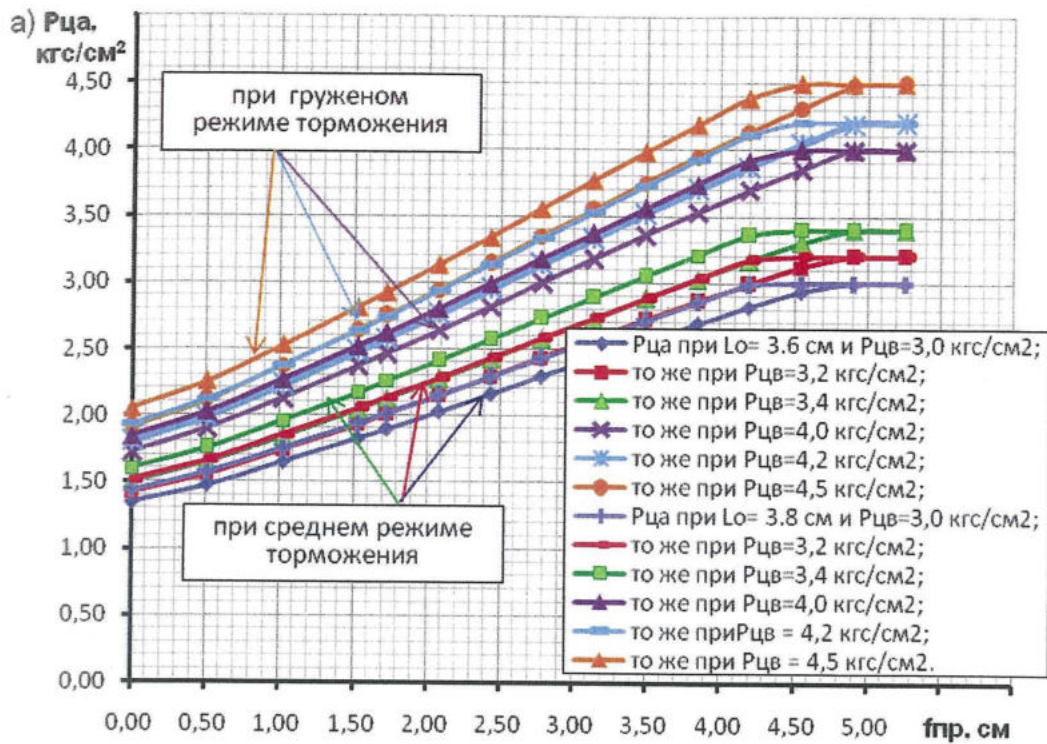


Рис. 4. Зависимость давления воздуха в тормозном цилиндре от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

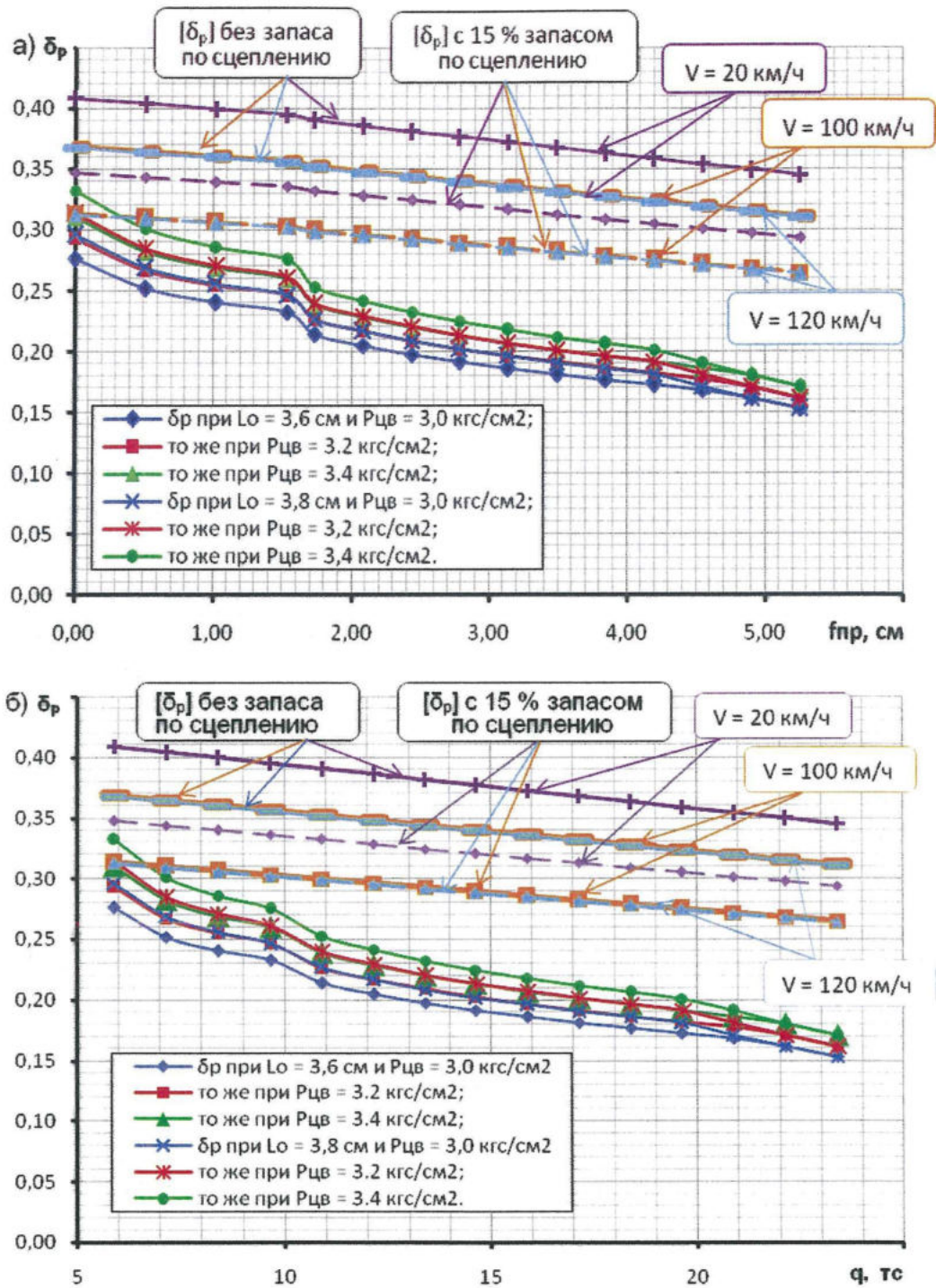


Рис. 5. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при среднем режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

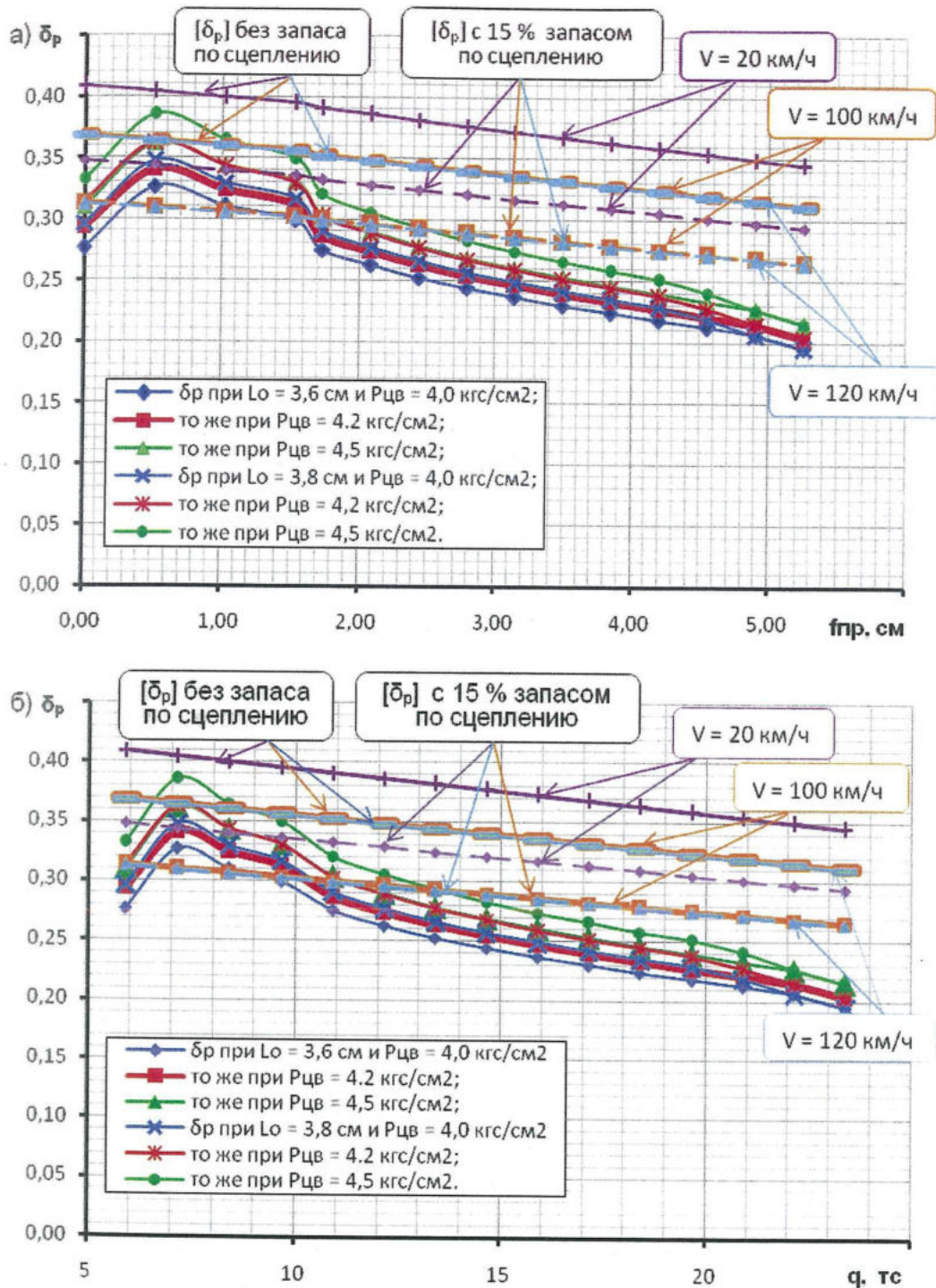


Рис 6. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при грузежном режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

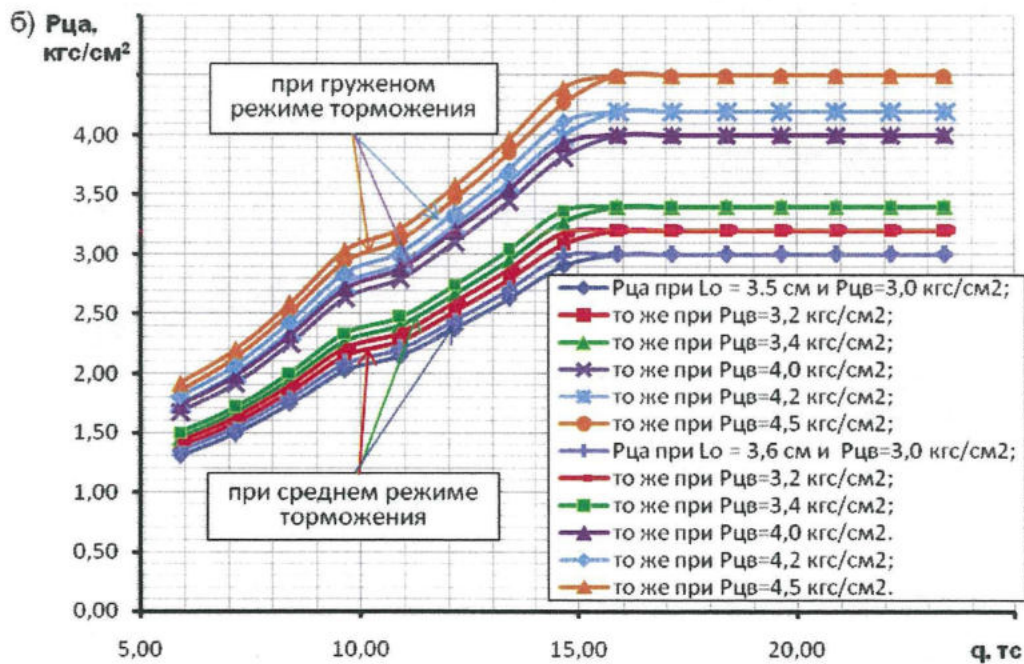
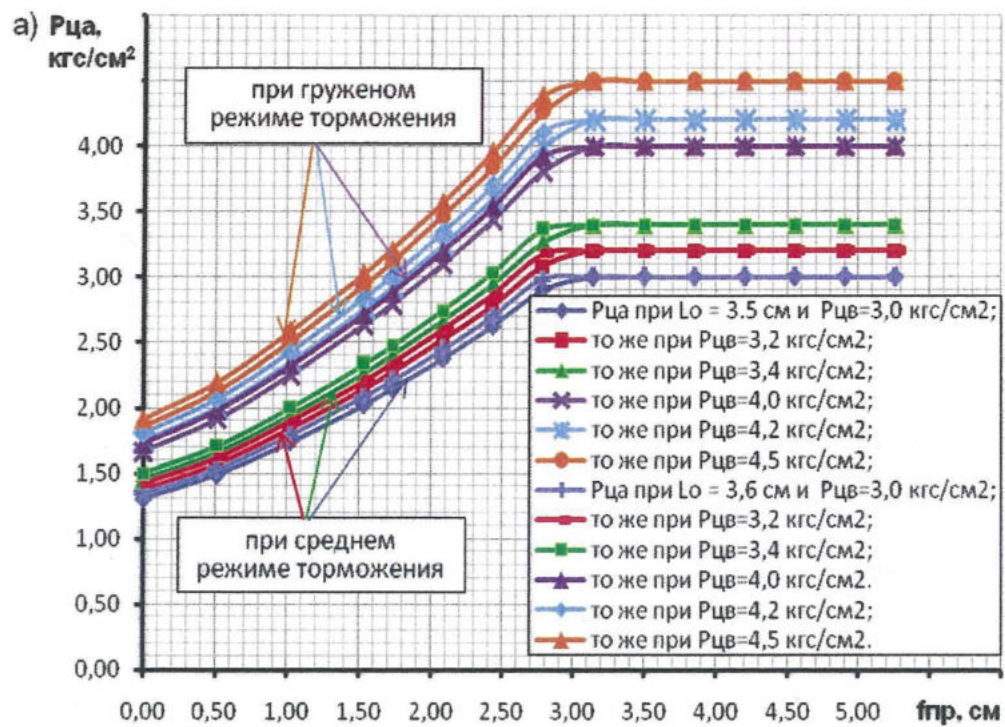


Рис. 7. Зависимость давления воздуха в тормозном цилиндре от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

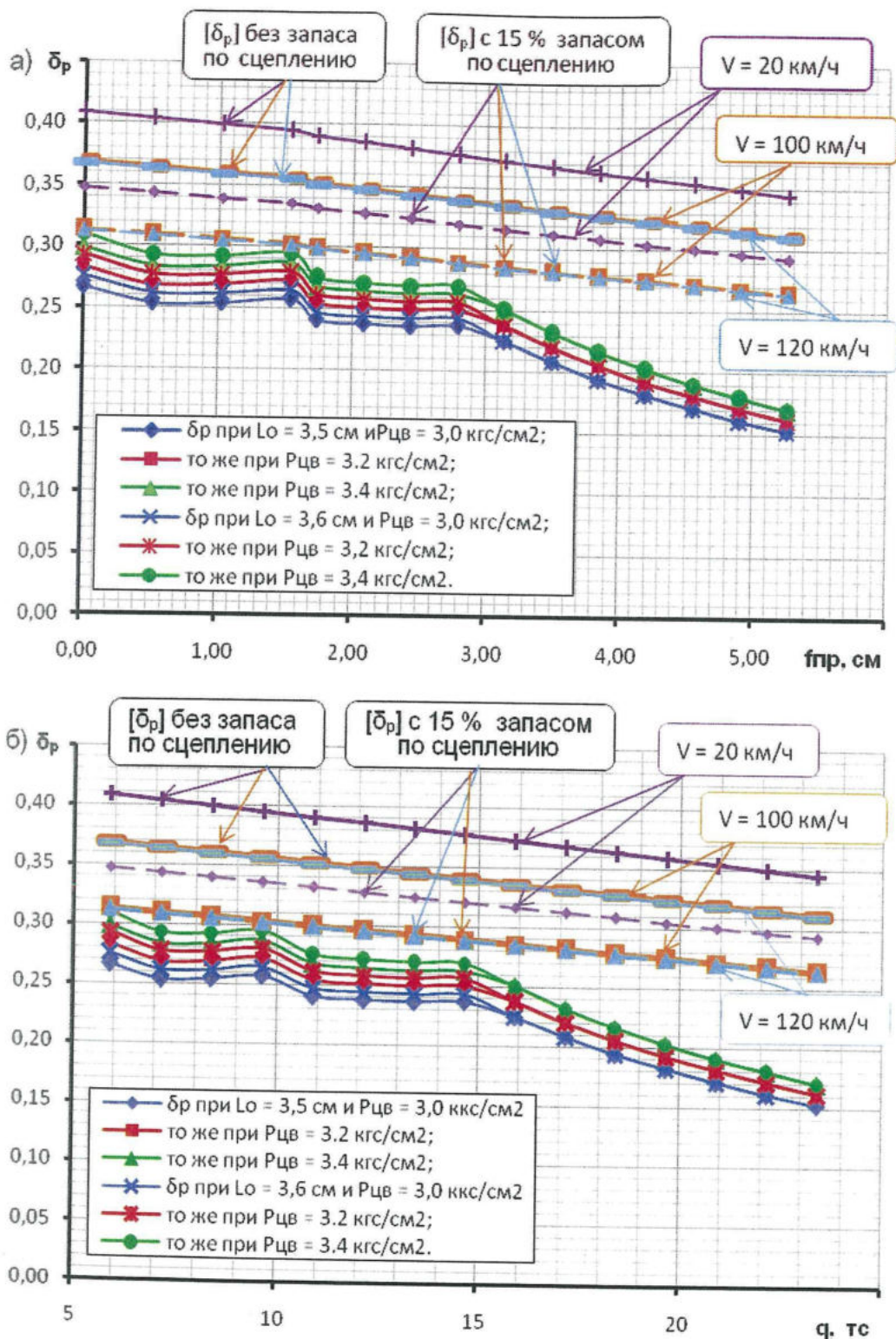


Рис. 8. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при среднем режиме торможения и использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

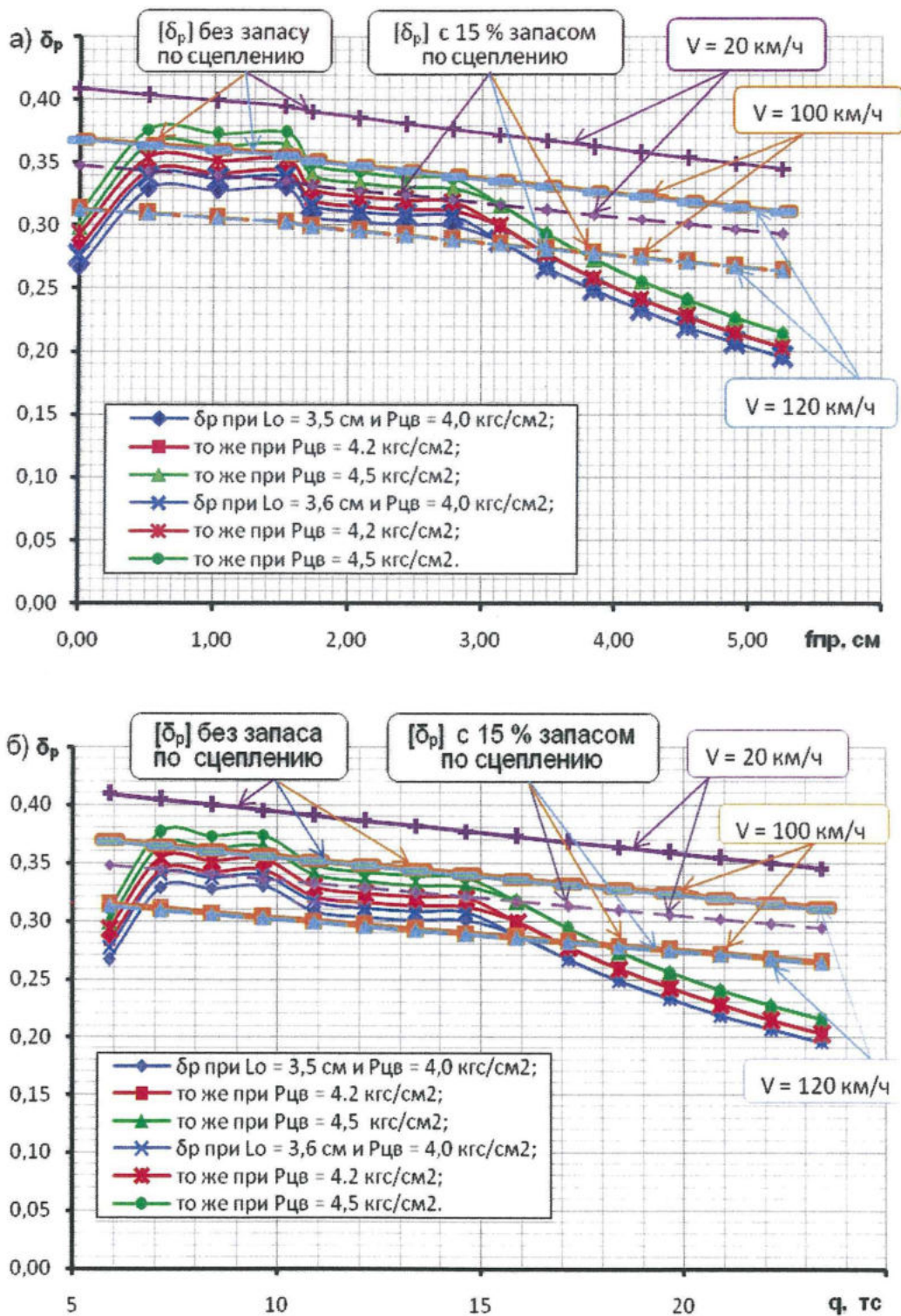


Рис. 9. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при груженом режиме торможения и использовании авторежима 265А-4

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

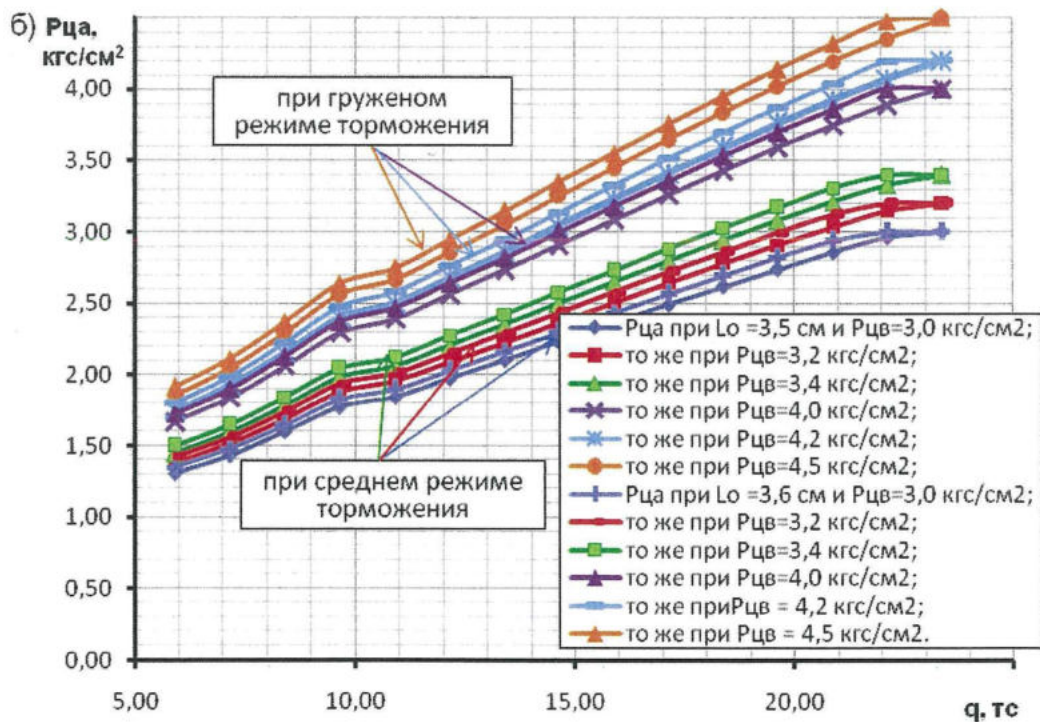
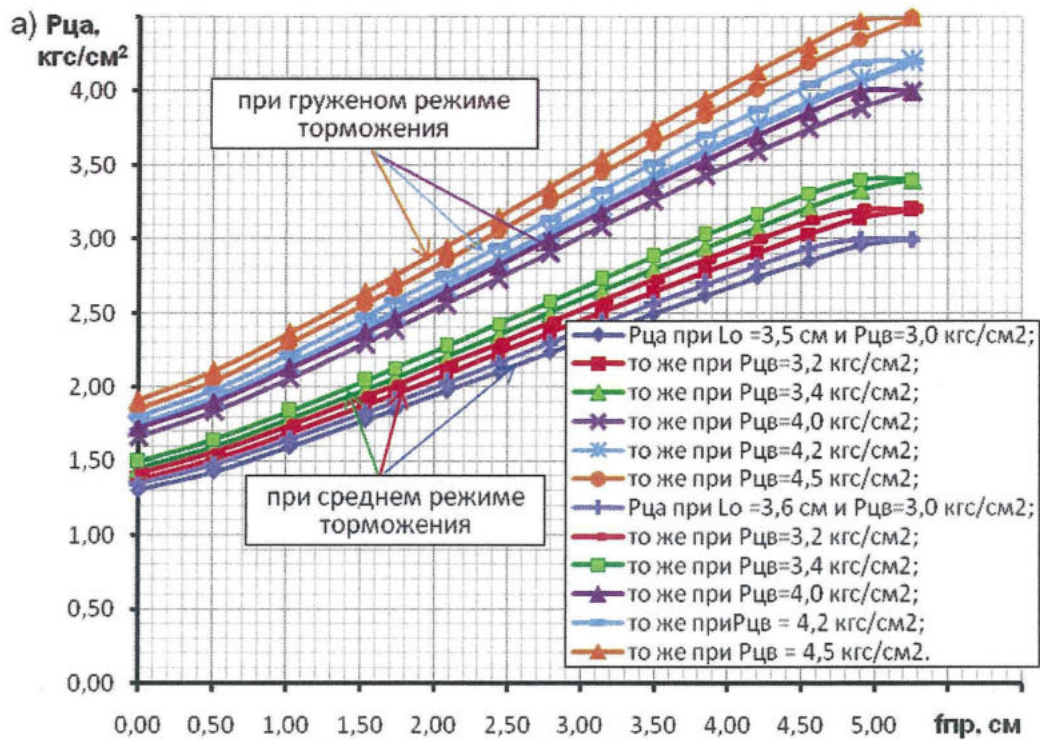


Рис. 10. Зависимость давления воздуха в тормозном цилиндре от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

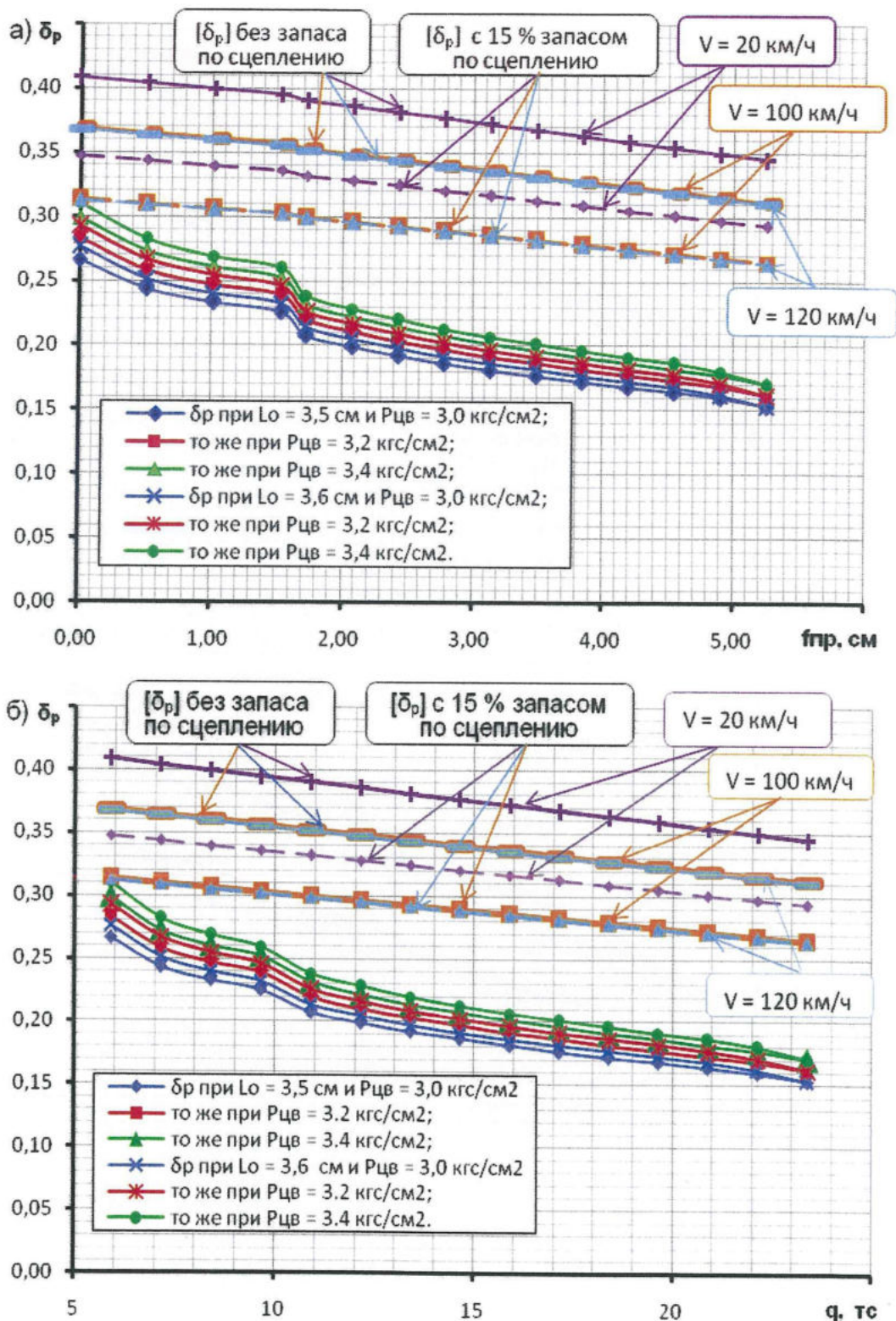


Рис. 11. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при среднем режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

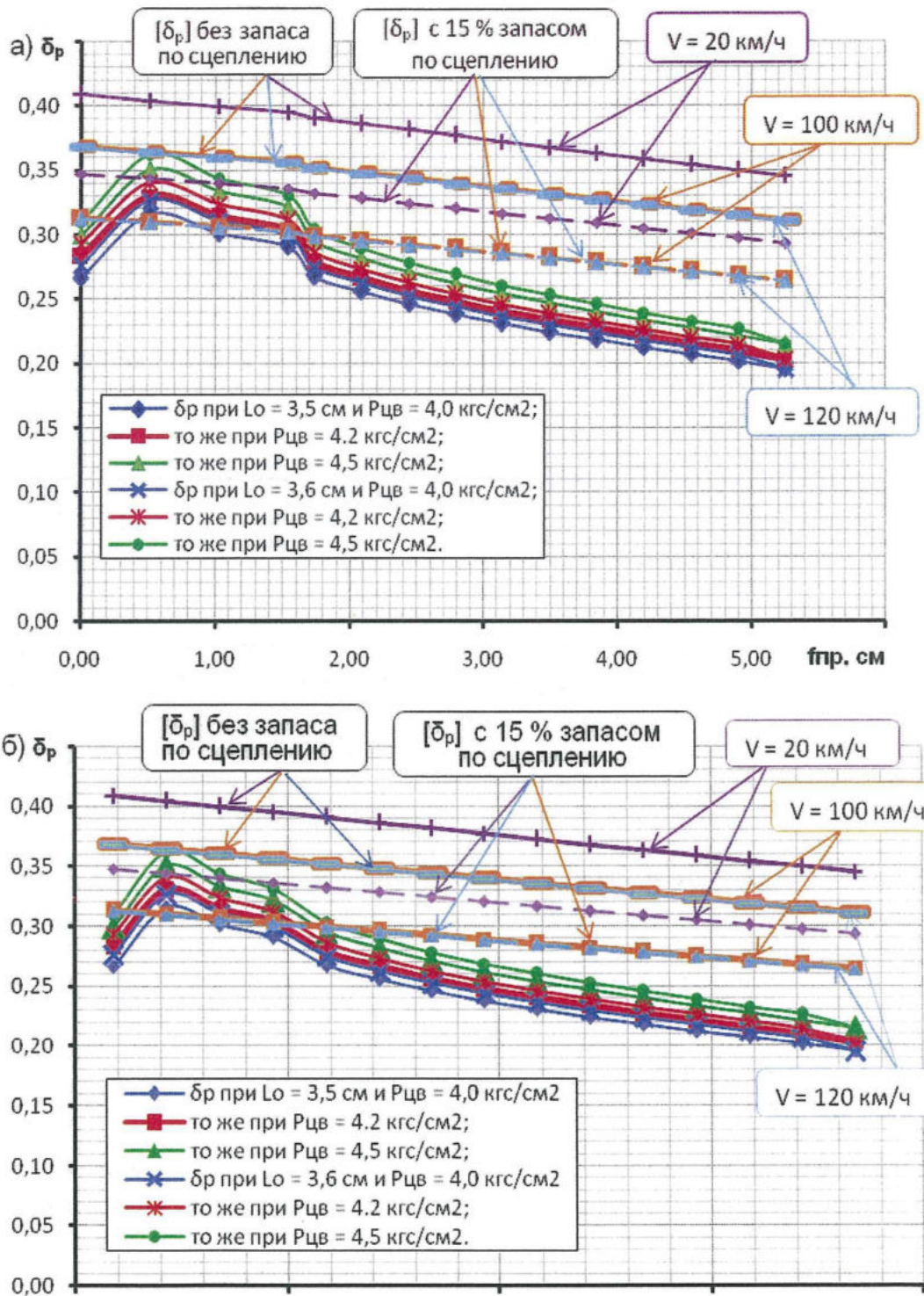


Рис. 12. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при грузеном режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$L_c = 0 \text{ при } f_{np} \leq 1,0 \text{ см,} \quad (2)$$

$$L_c = -0,0051g_{д}^5 + 0,0888g_{д}^4 - 0,5627g_{д}^3 + 1,5879g_{д}^2 - 1,1528g_{д} + 0,0274 \text{ при } f_{np} > 1,0 \text{ см} \quad (3)$$

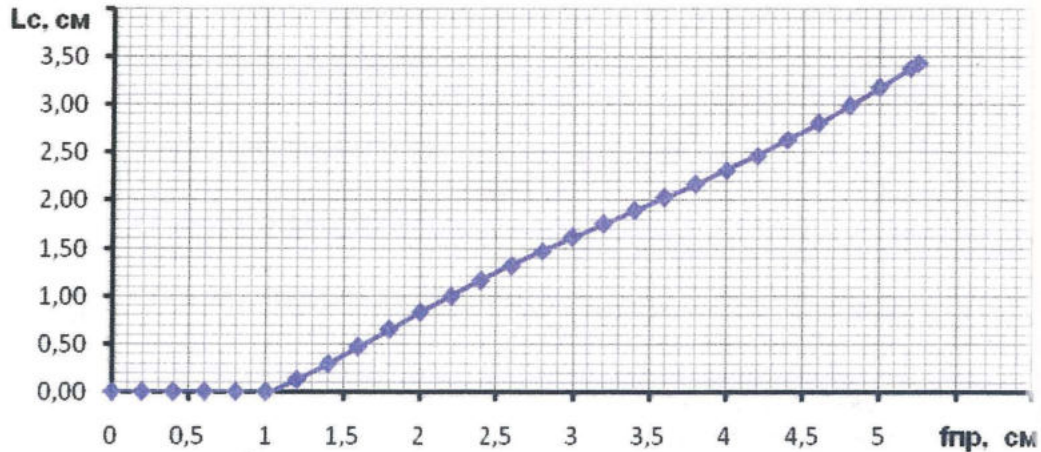


Рис. 13. Зависимость хода сухаря авторежима 265А-4М от прогиба рессорных комплектов под грузом

По результатам этих расчетов на рис. 14, 15, 16 приведены графические зависимости $P_{щ}$ и δ_p от прогиба рессорных комплектов под грузом f_{np} (для наглядности и от нагрузки от колесной пары на рельсы q) при среднем и груженом режимах торможения и использовании авторежима 265А-4М. С целью наглядной оценки наличия (отсутствия) юзовых ситуаций на рисунках 15 и 16 приведены графические зависимости допустимых расчетных тормозных коэффициентов $[\delta_p]$ без запаса и с 15 % запасом по сцеплению колес с рельсами.

Анализ графических зависимостей, приведенных на рис. 15 и 16, показывает, что при использовании авторежима 265А-4М с аналитической зависимостью L_c от $L_{д}$, характеризуемой уравнениями (2) и (3), обеспечивается отсутствие юзовых ситуаций и реализация расчетных тормозных коэффициентов с нормативным запасом по сцеплению колес с рельсами согласно требованиям [1], [2], как при среднем, так и при груженом режимах торможения.

Результаты выполненных исследований дают возможность сделать следующие выводы:

1 Анализ конструкции и принципа действия авторежима 265А-4 показывает, что максимальный ход сухаря, допустимый конструкцией авторежима, достигается значительно раньше (при загрузке вагона существенно ниже 100 % грузоподъемности) максимального прогиба рессорных комплектов при 100 % загрузке вагона. Это исключает возможность регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре во всем диапазоне загрузки вагона.

Диапазон регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре вагона на тележках с прогибом рессорных комплектов под грузом 5,27 см при нагрузке 23,5 тс/ось, нормативном диапазоне давления воздуха в тормозном цилиндре при среднем режиме торможения (3,0–3,4) кгс/см² и груженом – (4,0–4,5) кгс/см² составляет (52 – 58) % грузоподъемности.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

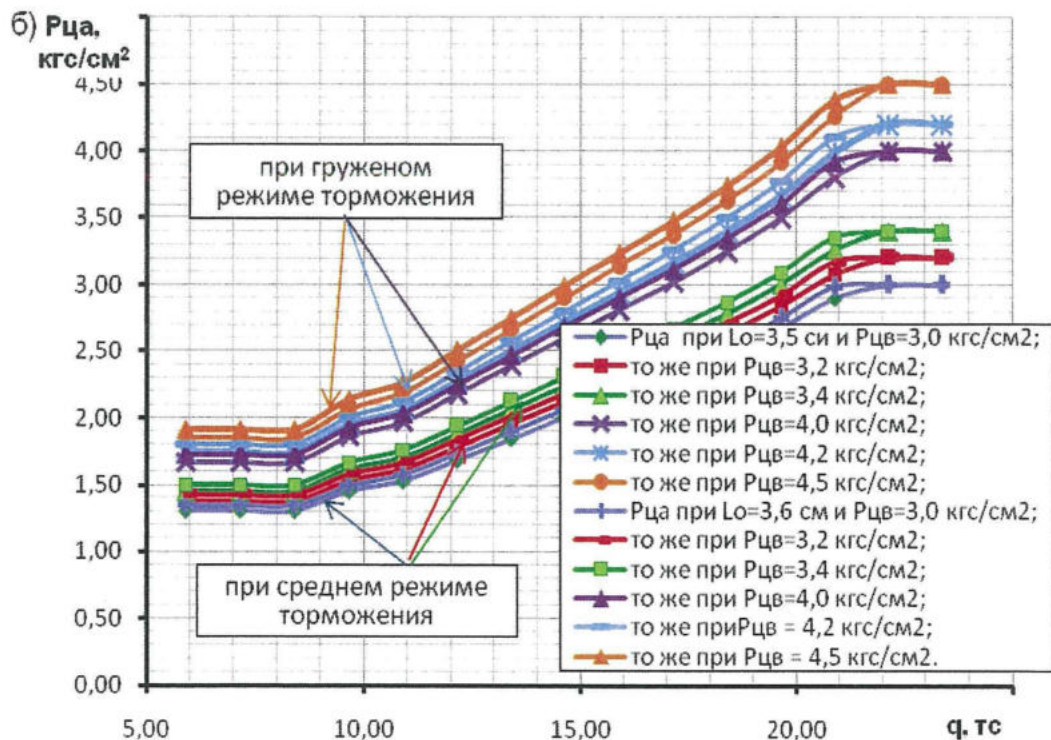
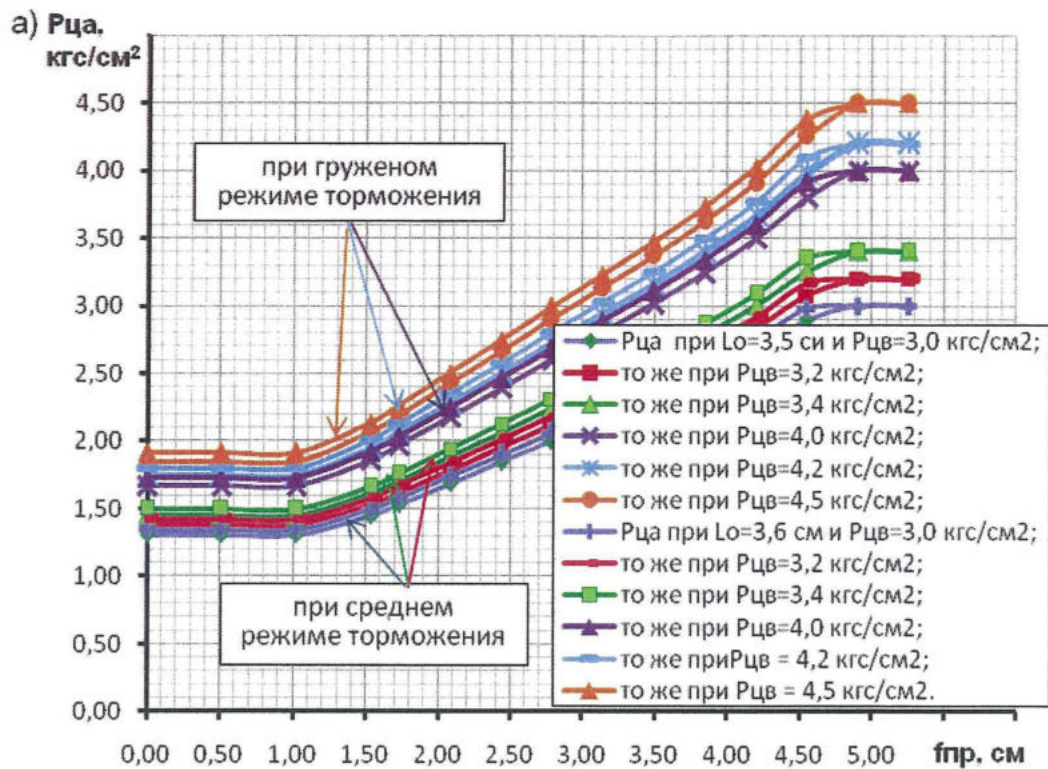


Рис. 14. Зависимость давления воздуха в тормозном цилиндре от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

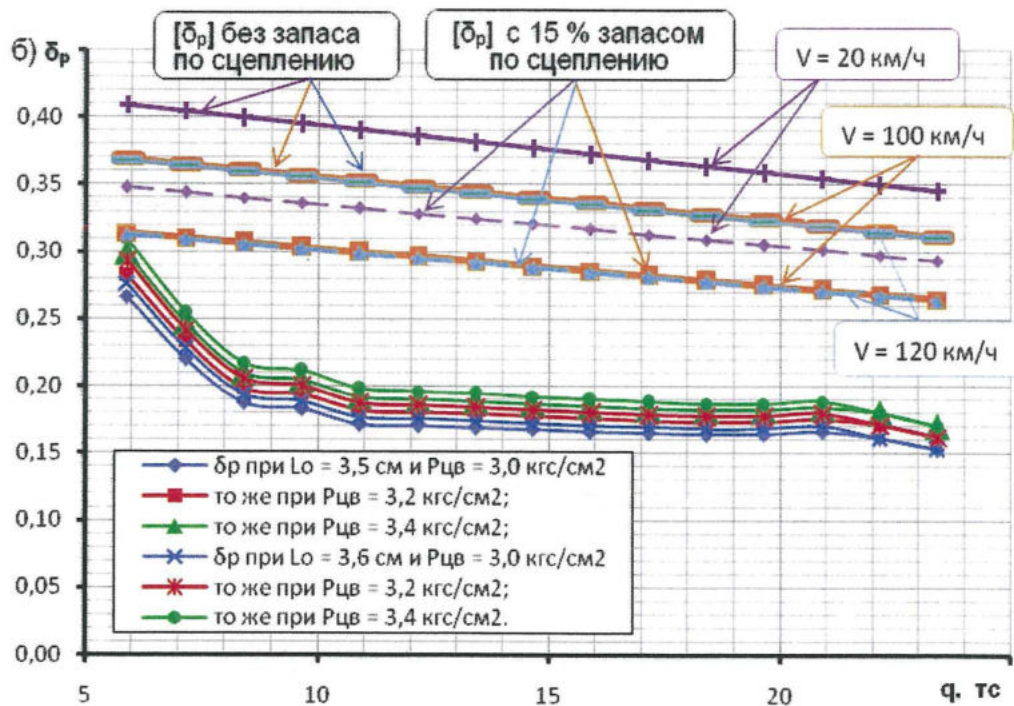
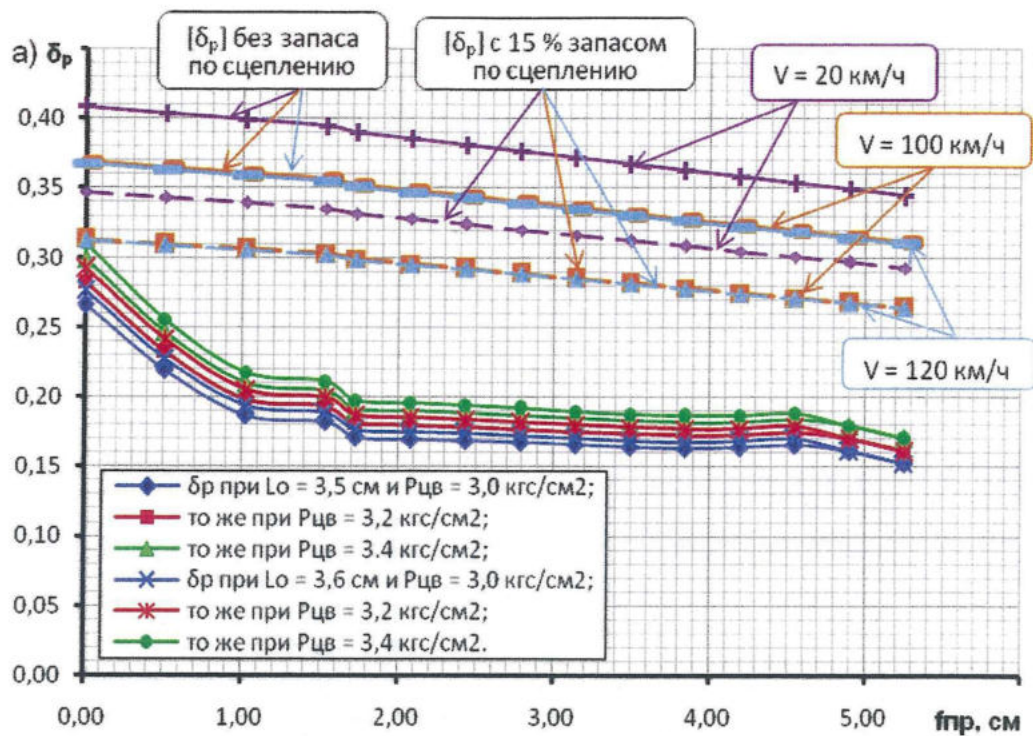


Рис. 15. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при среднем режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

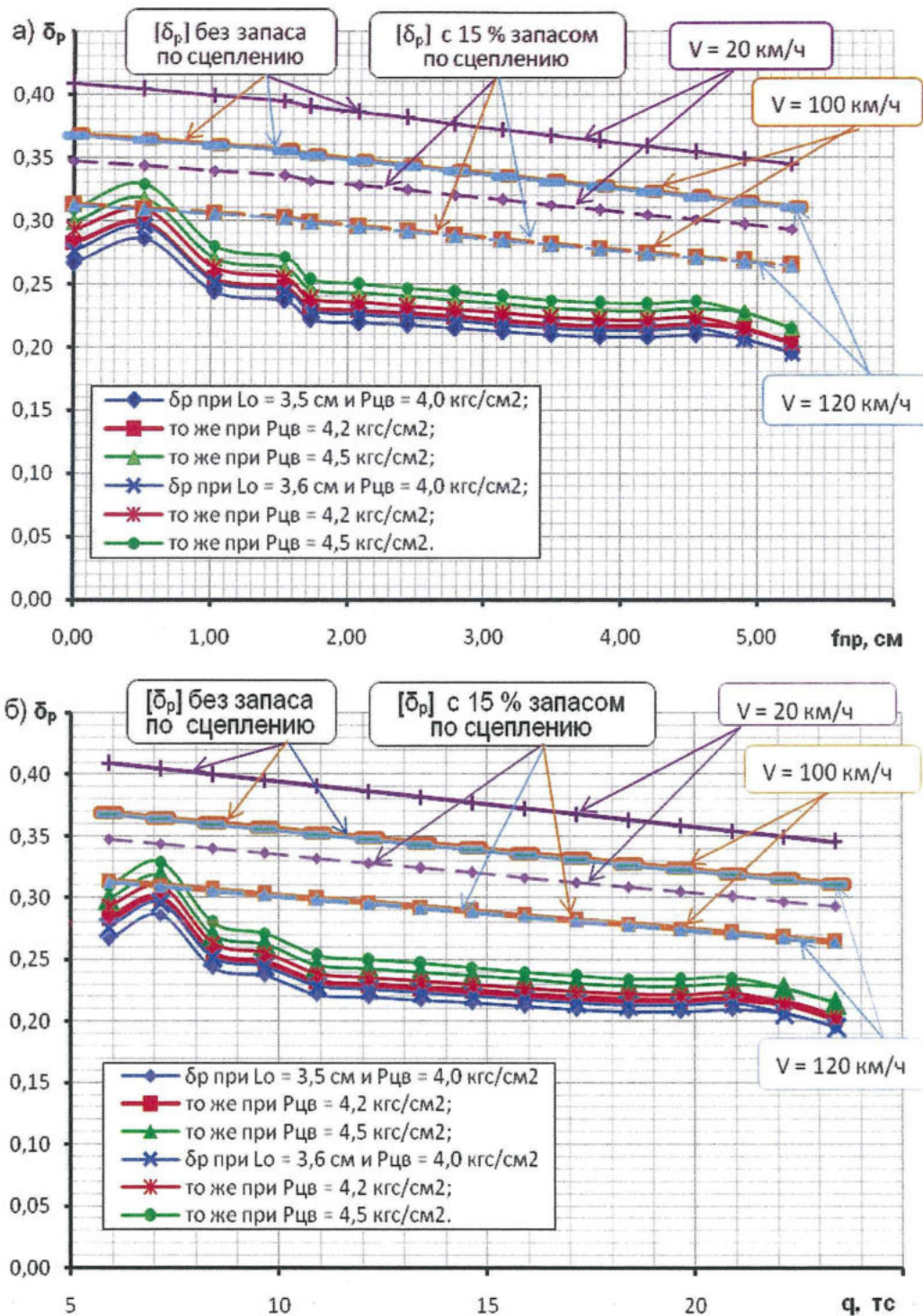


Рис. 16. Зависимость расчетного тормозного коэффициента от прогиба рессорных комплектов под грузом (а) и от нагрузки от колесной пары на рельсы (б) при груженом режиме торможения и использовании авторежима 265А-4М

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

2 Анализ конструкции и принципа действия авторежима 265А-4М показывает, что в нем предусмотрен регулировочный рычаг, который обеспечивает необходимый с учетом степени загрузки вагона ход сухаря, заданный полиномиальной функцией зависимости его от хода демпфера. Это позволяет максимально расширить диапазон регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре в зависимости от загрузки вагона и характеристик рессорного подвешивания тележек.

Диапазон регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре вагона на тележках с прогибом рессорных комплектов под грузом 5,27 см при нагрузке 23,5 тс/ось, нормативном диапазоне давления воздуха в тормозном цилиндре при среднем режиме торможения (3,0–3,4) кгс/см² и груженом – (4,0–4,5) кгс/см² составляет (86 – 92) % грузоподъемности.

3 При использовании авторежимов 265А-4 и 265А-4М на вагонах с увеличенным по сравнению с тележкой 18-100 с прогибом рессорных комплектов под грузом (тележка 18-7020 имеет $f_{np} = 5,27$ см при $q = 23,5$ тс/ось) установлено:

3.1 При среднем режиме торможения и использовании как авторежима 265А-4, так и 265А-4М отсутствуют юзовые ситуации при торможении как полностью, так и частично загруженного вагона, и реализуются расчетные тормозные коэффициенты, обусловленные давлением воздуха, поступающего в тормозной цилиндр от авторежимов, с запасом по сцеплению в пределах нормативных требований [1] и [2].

3.2 При использовании авторежима 265А-4, при существующих его регулировках (т.е. $L_o = (3,6-3,8)$ см) и груженом режиме торможения не выполняется требование относительно реализации расчетных тормозных коэффициентов с нормативным запасом по сцеплению колес с рельсами при нагрузке от колесной пары на рельсы меньше 18 тс/ось. Кроме того, при нагрузке меньше 15 тс/ось наблюдаются юзовые ситуации при $P_{ца} = (4,2-4,5)$ кгс/см², а при нагрузках меньше 18 тс/ось возможны юзовые ситуации при торможении вагона с $P_{ца} = 4,5$ кгс/см² и $L_o = 3,8$ см.

При уменьшенном L_o до (3,5-3,6) см вероятность юзовых ситуаций уменьшается, но полностью юзовые ситуации не ликвидируются, не выполняется требование относительно реализации расчетных тормозных коэффициентов с нормативным запасом по сцеплению колес с рельсами при нагрузке от колесной пары на рельсы меньше 18 тс/ось

3.3 При использовании авторежима 265А-4М с регулировками, обеспечивающими $L_o = (3,5-3,6)$ см, и аналитической зависимостью L_o от L_d , характеризуемой уравнениями (2) и (3), обеспечивается требуемый диапазон регулировки давления воздуха в тормозном цилиндре в зависимости от загрузки вагона и характеристик рессорного подвешивания тележек. При торможении как полностью, так и частично загруженных вагонов отсутствуют юзовые ситуации при среднем и при груженом режимах торможения и реализуются расчетные тормозные коэффициенты с запасом по сцеплению колес с рельсами в пределах нормативных требований [1] и [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ – ВНИИЖТ. Москва, 1996, с изменениями и дополнениями 2000 г. 319 с.
2. Типовой расчет тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. Москва, 1996.
3. Технические требования на тормозную систему с отдельным торможением тележек и новым тормозным оборудованием для вагоностроительных заводов. 2008. 13 с.