

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Инженер А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ

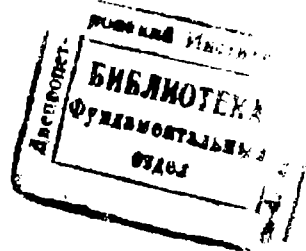
1342a
**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ С ЦЕЛЮ
ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
КАЧЕСТВ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в **Брянском**
институте транспортного **машино-**
строения. **Научный руководи-**
тель-доцент, кандидат **техничес-**
ких наук **М. М. КАНТОР.**

ДНЕПРОПЕТРОВСК
1959 г.



ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений в развитии железнодорожного транспорта является увеличение скоростей движения поездов. По перспективному плану на ближайшие годы скорость движения грузовых поездов должна быть доведена до 100—120 км/час, а пассажирских — до 140 км/час. Все большее значение будут приобретать скоростные поезда, движущиеся со скоростью 150—180 км/час. Для обеспечения безопасности движения предъявляются высокие требования и к автоматическим тормозам железнодорожных вагонов.

1342a
Изготавливаемые в настоящее время для вагонов литые чугунные тормозные колодки по ГОСТ 6921-54 характеризуются низкой износоустойчивостью, что вызывает громадный ежегодный расход их. Так, например, в 1952 году на производство колодок было затрачено более 170 тыс. тонн чугуна, а в 1957 году было изготовлено 19 млн. колодок общим весом около 300 тыс. тонн. Повышение скоростей движения поездов, несомненно, должно привести к ухудшению условий работы тормозных колодок в связи с повышением удельных давлений и скоростей скольжения, что в свою очередь приведет и к увеличению износа.

Совершенно очевидно, что даже сравнительно небольшое повышение износостойкости тормозных колодок приведет к огромной экономии, измеряемой десятками миллионов рублей.

Тормозные колодки современного железнодорожного транспорта должны сочетать высокую износоустойчивость с хорошими фрикционными качествами, обеспечивающими минимальный тормозной путь за счет высокого коэффициента трения при больших скоростях движения вагона. Применяемые тормозные колодки по своим фрикционным качествам не позволяют повышать скорости движения поездов вследст-

ние того, что даже при существующих скоростях движения они не всегда обеспечивают тормозной путь, предусмотренный правилами технической эксплуатации. Поэтому повышение коэффициента трения тормозных колодок по бандажам и связанное с этим сокращение тормозного пути является также важной народнохозяйственной задачей.

Данная работа имела практической целью изыскание путей повышения эксплуатационных качеств чугунных тормозных колодок железнодорожных вагонов. Она состоит из следующих основных разделов:

1. Исследование применяемых на транспорте тормозных колодок железнодорожных вагонов, изготовленных различными заводами.

2. Разработка методики исследования, проектирование и изготовление специального стенда для проведения сравнительных испытаний на износ и трение образцов тормозных колодок.

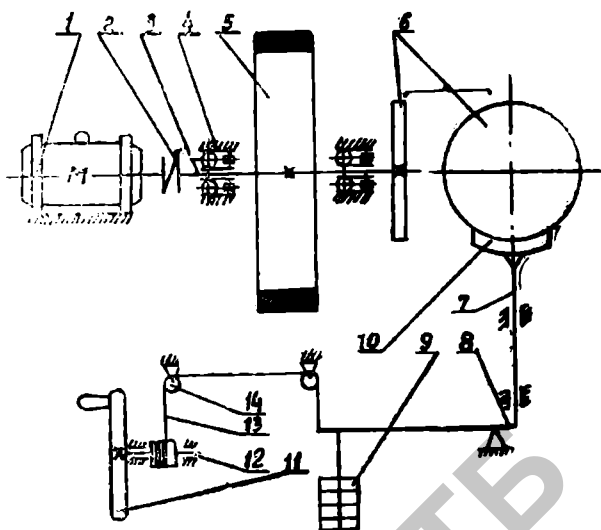
3. Отливка образцов тормозных колодок из чугунов различных составов и сравнительные испытания их на износ и трение при различных давлениях и скоростях скольжения с определением величин износа, тормозного пути, коэффициента трения и характера его изменения в зависимости от скорости скольжения.

4. Выбор оптимального состава чугуна для тормозных колодок железнодорожных вагонов, обеспечивающего высокую износостойкость в сочетании с высоким коэффициентом трения и другими эксплуатационными качествами.

1. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

Изыскание чугуна оптимального состава для тормозных колодок потребовало проведения большого количества экспериментов по определению основных характеристик процесса торможения в зависимости от химического состава чугуна. Для изучения износа и трения образцов тормозных колодок в лабораторных условиях был создан специальный инерционный стенд, позволяющий проводить опыты по трению образцов тормозных колодок с площадью поверхности трения, равной $1/4$ площади натуральных колодок по бандажу

Как видно из схемы (фиг. 1), устройство и принцип действия стенда заключаются в следующем: мотор 1 посред-



Фиг. 1.

вом муфты 2 соединяется с валом 3, опирающимся посредством четырех подшипников качения 4 на сварную раму. На

валу, в средней его части, укреплен маховик 5, а на свободном конце — диск 6 (модель колеса) диаметром 450 мм и толщиной 35 мм, изготовленный из колесной стали. К диску посредством тяги 7 и рычага 8, нагружаемых съемными грузами 9, прижимается образец тормозной колодки 10. Последний при помощи маховичка 11, вала 12, троса 13 и блоков 14 может быть выведен из соприкосновения с диском 6.

Установленные на стенде датчики, импульсы которых подавались на вибраторы осциллографа, позволяли регистрировать скорость скольжения, силу нажатия на колодку, силу трения, число оборотов и время от начала торможения до полной остановки, а также длительность одного оборота. Величина износа определялась по потере веса путем взвешивания колодок до и после каждого испытания.

Образцы тормозных колодок, подлежащие испытанию, прирабатывались к поверхности диска, очищались от продуктов износа и взвешивались на весах с точностью до 0,01 грамма. Подготовленные образцы испытывались при следующих условиях: диск приводился во вращение, после достижения им скорости 980 об/мин. мотор отключался, а диск продолжал вращаться по инерции, постепенно уменьшая свою скорость. За это время производилась точная подбалансировка мостов Уитстона, включавших датчики сил нормального давления и трения. По достижении диском скорости вращения 950 об/мин. (80,6 км/час) образец тормозной колодки прижимался к диску с постоянной силой, сохранявшейся до полной остановки последнего.

2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ТРАНСПОРТЕ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

Для выявления эксплуатационных качеств тормозных колодок, применяемых на транспорте в настоящее время, было произведено лабораторное исследование, включающее химический и металлографический анализы, определение твердости чугуна и характера распределения ее по площади и по сечению колодки, а также сравнительные испытания колодок на специальном стенде с целью определения величин износа и характеристик фрикционных качеств. Такому исследованию были подвергнуты тормозные колодки, изготовленные семью вагоностроительными и вагоноремонтными заводами, отлитые в землю и в металлический кокиль.

Исследование показало, что только колодки, изготовленные Московским заводом памяти революции 1905 года и Московским литейно-механическим заводом, полностью отвечают требованиям технических условий ГОСТ 6921-54 по химическому составу, структуре и твердости, а на большей части заводов изготавливаются колодки неудовлетворительного качества, которые ни в какой мере не соответствуют требованиям технических условий. Выявленное при этом отклонение способствует значительному ухудшению структуры и понижению износостойкости.

Испытание на износ и трение образцов, вырезанных из колодок, подвергнутых лабораторному исследованию, показало, что:

а. Все исследованные колодки характеризуются различной величиной износа, мало отличаясь друг от друга по величине тормозного пути.

б. Наибольшим износом отличаются колодки, отлитые в кокиль.

в. По исследованным колодкам средние значения основных показателей эксплуатационных свойств определились следующими величинами: износ составил 6,3 грамма за тормозной цикл, а условный тормозной путь — 544 метра за тормозной цикл.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЧУГУНА НА ПОКАЗАТЕЛИ ИЗНОСА И ТРЕНИЯ ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК

Для исследования влияния химического состава чугуна колодок на показатели износа и трения были выплавлены чугуны пяти химических составов: два состава по техническим условиям ГОСТ 6921-54, один с повышенным (0,679%) содержанием фосфора, один — легированный хромом (1^{1/2}%) и никелем (0,5%), выплавленный с применением природно легированного халиловского чугуна, и один высокопрочный с глобулярным графитом, модифицированный магнием.

Образцы колодок из этих чугунов были испытаны на стенде в исходном состоянии, а также после различных вариантов термической обработки (закалка с отпуском на различные твердости, изотермическая обработка в ваннах с температурами 240°, 310° и 380°).

Результаты испытаний показали, что:

а. Величины износа и тормозного пути в сильной степени зависят от состава чугуна и мало зависят от термической обработки.

б. Повышение эксплуатационных качеств тормозных колодок путем изменения химического состава чугуна может быть достигнуто за счет повышения содержания фосфора, который, сильно снижая тормозной путь, одновременно уменьшает износ колодок и обеспечивает меньшую зависимость коэффициента трения от скорости скольжения.

Для углубленного изучения влияния содержания фосфора в чугуне, а также кремния и марганца в тех пределах, которые могут иметь место в практических условиях, на эксплуатационные качества тормозных колодок, были отлиты образцы колодок из чугунов следующих составов (см. табл. 1).

Таблица 1

Индекс чугуна	Содержание компонентов в %					Твердость Н _В
	C	Si	Mn	P	S	
A	3,09	1,71	0,53	0,410	0,164	201
Б	3,09	1,65	0,93	0,801	0,130	255
В	3,09	1,60	1,28	0,632	0,072	255
Г ₂	3,09	1,27	0,68	0,722	0,105	229
Г	3,02	1,58	0,89	1,118	0,137	229
Д	3,06	1,87	0,92	2,010	0,126	217
Е	3,26	2,59	1,06	0,335	0,079	170
Ж	3,26	1,65	2,16	0,819	0,079	269
З	3,35	2,94	0,85	0,585	0,075	140
9	3,06	1,83	0,63	1,487	0,149	187
10	3,26	1,69	0,99	0,342	0,123	217
12	3,06	2,21	0,99	1,647	0,094	217

Проведенные испытания образцов из чугунов указанных составов позволили установить, что:

1. Увеличение содержания фосфора в чугуне тормозных колодок до 2% сопровождается непрерывным уменьшением величин износа и тормозного пути.

2. Увеличение содержания кремния в чугуне до пределов, при которых не выпадает свободный феррит, практически не сказывается на его характеристиках износа и трения.

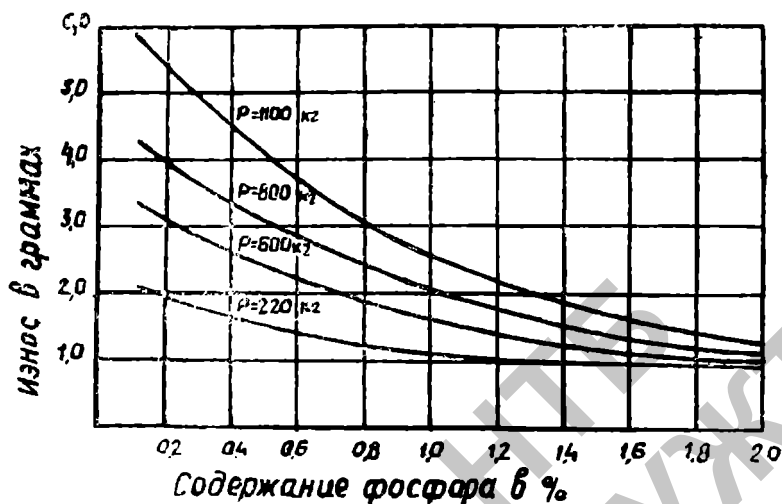
И только в том случае, когда увеличение содержания кремния вызывает выделение свободного феррита, влияние его сказывается отрицательно и только на износостойкости.

3. Увеличение содержания марганца в практически применяемых в чугунах пределах совершенно не сказывается на величине износа, но сопровождается увеличением тормозного пути, хотя и незначительным.

Выявленное влияние содержания фосфора в чугуне на эксплуатационные качества колодок было исследовано еще и в зависимости от силы нажатия на колодку при торможении. Испытания проводились по той же методике, но при следующих различных нажатиях на колодку: 220 кг, 600 кг, 800 кг и 1100 кг.

Результаты испытаний позволили сделать следующие выводы:

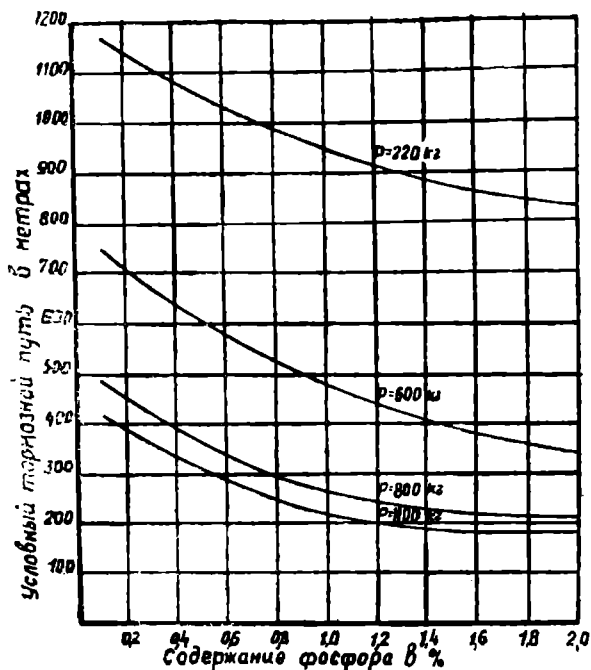
1. Износ для всех исследованных чугунов возрастает прямо пропорционально увеличению давления. При этом степень увеличения износа чугуна с увеличением давления уменьшается с возрастанием содержания фосфора в чугуне и износ становится почти одинаковым при всех исследованных давлениях при содержании фосфора около 2% (см. фиг. 2).



Фиг. 2.

2. Величина тормозного пути для всех чугунов уменьшается с увеличением давления. При этом разность величин тормозного пути при минимальном и максимальном применяемых давлениях уменьшается с возрастанием содержания фосфора в чугуне (фиг. 3).

3. При больших удельных давлениях 10 кг/см^2 и 13 кг/см^2 величина тормозного пути мало изменяется с увеличением содержания фосфора в чугунах от 1,2% до 2,0%. А при увеличении давления с 10 кг/см^2 до 13 кг/см^2 величина тормозного пути уменьшается примерно на 15% для всех исследованных чугунов (фиг. 3).

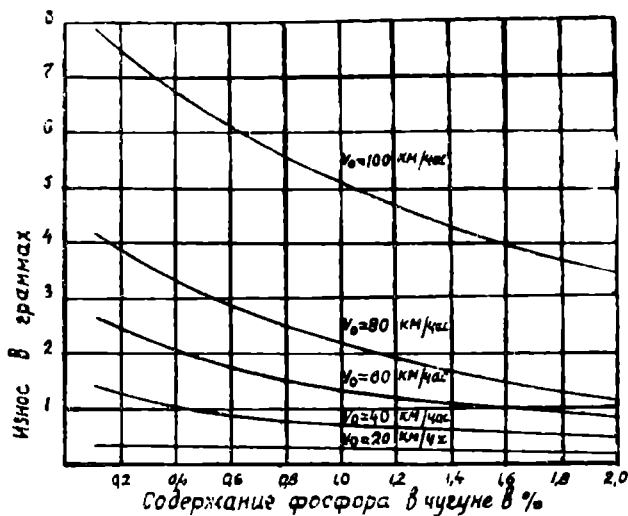


Фиг. 3.

С целью определения влияния скорости в момент начала торможения на характеристики эксплуатационных свойств тормозных колодок проведены стендовые испытания образцов тормозных колодок с различным содержанием фосфора при торможении «на остановку» со следующих начальных скоростей: 20 км/час, 40 км/час, 60 км/час, 80 км/час и 100 км/час*) с определением величин износа и тормозного пути.

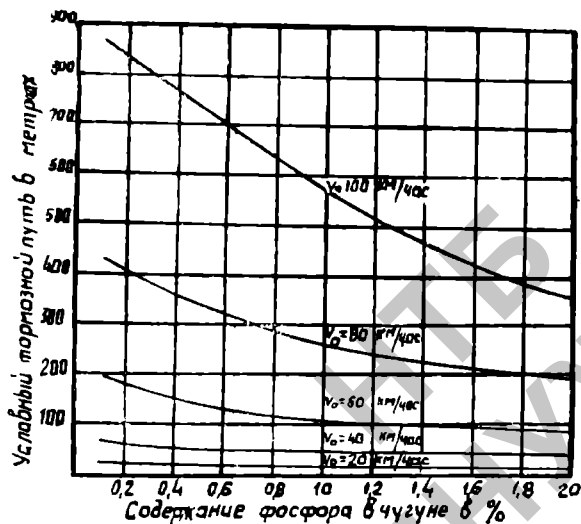
*) Для получения скорости 100 км/час непосредственное соединение вала мотора с валом маховика (см. фиг. 1) было заменено ременной передачей передаточным отношением, обеспечивающим указанную скорость.

Испытания проводились при нажатии на колодку 800 кг что соответствовало удельному давлению 10 кг/см



Фиг. 4.

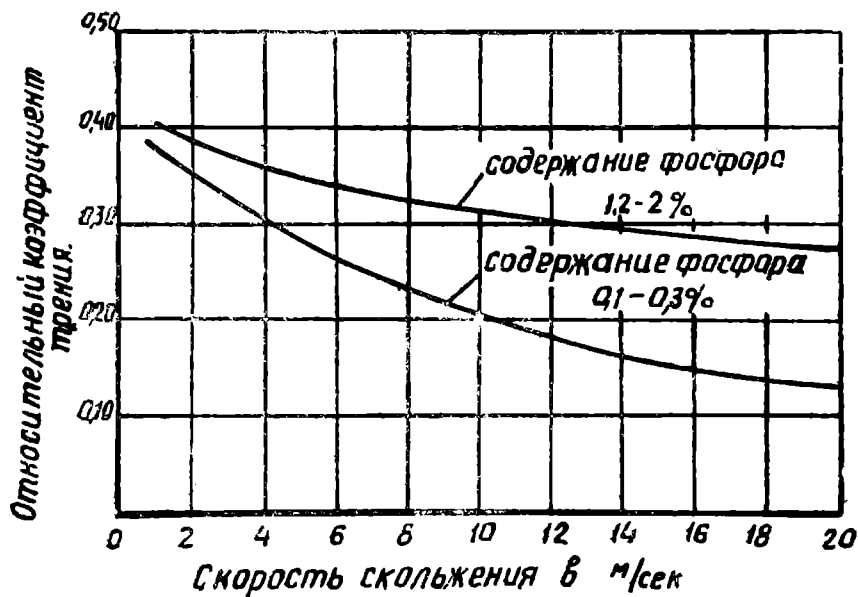
Испытания показали, что обнаруженное влияние содержания фосфора в чугуне на величины износа и тормозного



Фиг. 5.

пути сохраняется при всех исследованных скоростях в момент начала торможения (фиг. 4 и 5).

Исследование коэффициента трения фосфористых чугунов показало, что коэффициент трения увеличивается с уменьшением скорости скольжения. При этом для чугуна с высоким содержанием фосфора (1,2—2%) при уменьшении скорости скольжения от 80 км/час до нуля коэффициент трения увеличивается только на 60" (от 0,25 до 0,40), в то время как для чугуна с малым содержанием фосфора (0,1—0,3%) при том же уменьшении скорости скольжения коэффициент трения увеличивается более, чем в три раза (от 0,11 до 0,40) (фиг. 6).



Фиг. 6.

Среднее значение относительного коэффициента трения (для интервала скорости 80 км/час — 0) значительно увеличивается (примерно в 2,5—3 раза) при увеличении содержания фосфора в чугуне от 0,1% до 1,2%. При дальнейшем увеличении содержания фосфора в чугуне (от 1,2% до 2%) относительный коэффициент трения продолжает нарастать значительно медленнее.

С увеличением нажатия на колодку средний относительный коэффициент трения уменьшается для всех исследованных чугунов, но степень изменения коэффициента трения падает с возрастанием содержания фосфора в чугуне.

Испытание образцов тормозных колодок на изгиб и сжатие показало, что разрушающая нагрузка для чугунов с содержанием фосфора от 0,119% до 2,010% меняется в пределах от 9830 кг до 15430 кг и что прочность чугуна, содержащего 1,1% фосфора, несколько превосходит прочность чугуна с низким содержанием фосфора, применяемым для колодок в настоящее время.

ВЫВОДЫ

На основании выполненной работы рекомендуется для отливки тормозных колодок фосфористый чугун следующего состава:

углерод	2,9 — 3,3%
кремний	1,0 — 1,5%
марганец	0,9 — 1,2%
фосфор	0,9 — 1,2%
сера не более	0,12%

Колодки из чугуна такого состава характеризуются следующими показателями эксплуатационных качеств:

износ	2,3 — 1,9 грамма за тормозной цикл,
тормозной путь	269—240 метров за тормозной цикл.

Применение такого чугуна к колодкам, следовательно, обеспечит уменьшение их износа примерно в 2,5—3 раза и сокращение тормозного пути в 2 раза при малой изменчивости коэффициента трения в зависимости от скорости скольжения.

Внедрение результатов работы на железнодорожном транспорте должно привести к экономии чугуна, расходуемого на отливку тормозных колодок, в количестве 180 — 200 тыс. тонн в год и позволит значительно (в 1,5—2 раза) повысить скорости движения поездов без модернизации существующего тормозного оборудования паровозов и вагонов.

1342a

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО

В СЛЕДУЮЩИХ СТАТЬЯХ:

1. М. М. КАНТОР и А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ. Влияние содержания фосфора на характеристики износа и трения серого чугуна. Журнал «Литейное производство» № 7 1957.

2. М. М. КАНТОР и А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ. Повышение эксплуатационных качеств тормозных колодок. Журнал «Железнодорожный транспорт» № 8, 1957

3. М. М. КАНТОР и А. А. ОЛЬШЕВСКИЙ. Пути повышения эксплуатационных качеств тормозных колодок железнодорожных вагонов. Сборник трудов Брянского института транспортного машиностроения. Выпуск XVII. 1957.