

6
A45
Министерство Высшего и среднего специального образования УзССР

ТАШКЕНТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

М. ЯКУБОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ КАЧЕСТВ
ТРАКТОРНЫХ ПОЕЗДОВ
ДЛЯ БЕСТАРНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ХЛОПКА
(Специальность 05-195—Автомобили и тракторы)

Диссертация написана на русском языке

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
УЗБЕКСКОЙ ССР

ТАШКЕНТСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

М.ЯКУБОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ КАЧЕСТВ ТРАКТОРНЫХ ПОЕЗДОВ
ДЛЯ БЕСТАРНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ХЛОПКА

Специальность 05I95 - Автомобили и тракторы

Диссертация написана на русском языке

А в т о р е ф е р а т

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Ташкент - 1972 г.

В В Е Д Е Н И Е

Решениями XXIV съезда КПСС предусматривается довести производство хлопка-сырца по нашей стране в 1975 году до 7,0 - 7,2 млн. тонн.

Планом развития народного хозяйства Узбекской ССР предусматривается увеличение производства хлопка-сырца к 1975 году до 4,9 млн. тонн, а в перспективе намечается дальнейшее его увеличение. Узбекистан будет и впредь оставаться основной хлопковой базой нашей страны.

Непрерывное развитие хлопководства сопровождается ростом объема перевозок хлопка.

Основными транспортными средствами для бестарной перевозки хлопка-сырца являются тракторные поезда, которыми ежегодно перевозится более 95 % всего урожая.

Всевозрастающий объем таких перевозок, стремление повысить их производительность за счет увеличения количества прицепов, объединяемых в тракторный поезд, и скорости движения, придают особую актуальность задаче улучшения тормозных качеств тракторных поездов.

Практика показала, что с увеличением количества прицепов и скорости движения тракторных поездов из-за отсутствия эффективной тормозной системы понижается безопасность их движения. Существующая конструкция тормозных систем тракторных поездов, составленных из транспортных тракторов и хлопковых прицепов марки 2ПТС-3-766М и 2-ПТС-4-793 при агрегатировании с трактором более одного прицепа не обеспечивает торможение всех прицепов, составляющих поезд. Поэтому задачей данного

исследования являлось изучение существующих способов торможения и изыскание путей разработки нового, более эффективно и надежного способа, обеспечивающего безопасное агрегатирование с трактором 4-х и более прицепов.

Государственные и производственные испытания экспериментального тормозного устройства, разработанного в Среднеазиатском научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства, с участием автора настоящей работы, проводились на Среднеазиатской машинно-испытательной станции, в совхозах "Малик" и им. "Пятилетия УзССР" и получили положительную оценку.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В первой главе приведен анализ существующих тормозных систем тракторов, полуприцепов и прицепов, дано описание и классификация тормозных систем отечественных и зарубежных тракторных поездов, а также научных исследований и опытно-конструкторских работ в области разработки тормозных систем тракторных поездов.

Анализ имеющихся данных по исследуемому вопросу свидетельствует о том, что широкие исследовательские работы, выполненные за последнее время рядом научно-исследовательских и учебных институтов НАТИ, НАМИ, МИИСП, БИМСХ, Ленинградским СХИ, Волгоградским СХИ и др. значительно обогатили и развили теоретические и экспериментальные исследования по тормозным системам автотракторных поездов.

Основные теоретические положения, характеризующие процесс торможения автотракторных поездов, разработаны в тру-

дах советских ученых Е.А.Чудакова, В.Ю.Гиттеса, Н.А.Бухарина, Г.В.Зимелева, Б.С.Фальковича, Н.А.Яковлева, Я.Х.Закина, В.Г.Розанова и др.

Однако, некоторые вопросы торможения тракторных поездов до настоящего времени остаются мало исследованными. Это относится прежде всего к торможению многозвенных большегрузных тракторных поездов, используемых в зонах хлопкосеяния.

В связи с изложенным, автором поставлена задача на основе анализа отечественных и зарубежных исследований решить вопрос агрегатирования транспортным трактором нескольких прицепов при гарантированной безопасности движения. Это значительно повышает производительность тракторных поездов на перевозке хлопка-сырца.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ ТОРМОЖЕНИЯ МНОГОЗВЕННОГО ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

Наиболее важными параметрами торможения тракторного поезда являются тормозной путь, замедление и время торможения. Профессор Я.Х.Закин указывает, что при определении тормозного пути автопоезда прежде всего необходимо учитывать степень асинхронности торможения его элементов, характер нарастания и величину тормозных сил, реализуемых на колесах тягача и прицепа.

Время торможения определяется из понятия замедления. По аналогии с автомобильным поездом, для тракторного поезда максимальное замедление при полном использовании тормозной силы выражается:

$$j_{max} = \frac{g}{\beta_{тп}} \cdot \frac{\varphi Z_{тп} \cdot \cos \alpha + (G_T + n G_n)(f \cos \alpha \pm \sin \alpha)}{(G_T + n G_n)} \frac{m}{сек^2} /1/$$

где j_{max} - максимальное замедление поезда ;

g - ускорение силы тяжести ;

φ - коэффициент сцепления шин с дорогой ;

$Z_{тп}$ - суммарная нормальная реакция дороги ;

α - уклон дороги ;

$G_T + n G_n$ - вес поезда ;

$\beta_{тп}$ - коэффициент, учитывающий вращающиеся массы тракторного поезда.

Пренебрегая сопротивлением качения на горизонтальной части дороги и принимая коэффициент, учитывающий вращающиеся массы поезда $\beta_{тп} = 1,0$ получим

$$j_{max} = \frac{g \cdot \varphi Z_{тп}}{G_T + n G_n} \frac{m}{сек^2} /2/$$

Если отношение суммарной нормальной реакции $Z_{тп}$ к весу поезда $G_T + n G_n$ назовем $\lambda_{тп}$ - коэффициентом использования сцепного веса тракторного поезда при торможении, то

$$\lambda_{тп} = \frac{Z_{тп}}{G_T + n G_n} /3/$$

Тогда формула /3/ принимает вид

$$j_{max} = g \cdot \varphi \lambda_{тп} \frac{m}{сек^2} /4/$$

а время торможения

$$t = \frac{V_0}{\varphi g \lambda_{тп}} /5/$$

где V_0 - начальная скорость торможения, км/час.

Если в процессе торможения коэффициент сцепления не меняется, то время торможения практически прямо пропорционально начальной скорости тракторного поезда. Таким образом, для точного вычисления времени торможения необходимо достаточно точно измерить начальную скорость торможения.

Анализ литературных данных показывает, что при определении тормозного пути тракторного поезда перераспределение сцепного веса на затормаживаемых осях не учитывается.

Поэтому в работе даются теоретические предпосылки и экспериментальное исследование перераспределения веса по осям прицепа при торможении. В результате теоретического исследования установлено, что в формулу определения длины тормозного пути необходимо ввести коэффициент m_T , учитывающий влияние перераспределения веса на параметры торможения.

Поэтому

$$S_T = \frac{0,004 (G_T + n G_n) V_0}{\varphi \cos \alpha [(G_T + n G_n) + n_T m_T G'_\varphi] + (G_T + n G_n)(f \cos \alpha + \sin \alpha)} \frac{m}{6/}$$

где n - число прицепов ;

n_T - число прицепов, имеющих тормоза ;

m_T - коэффициент перераспределения нагрузки для тормозящих колес прицепов ;

G'_φ - сцепной вес, приходящийся на тормозящие колеса прицепов.

Если задаться величиной тормозного пути S_T , то из уравнения /6/ можно определить количество осей с тормозящимися колесами

$$n_T = \frac{0,004 (G_T + n G_n) V_0 - S_T (G_T + n G_n) [\varphi \cos \alpha - (f \cos \alpha + \sin \alpha)]}{S_T \varphi \cos \alpha m_T G \varphi} \quad (17)$$

С помощью этого выражения в работе установлено, что для обеспечения гарантированного торможения тракторного поезда, составленного из трактора и 4-х прицепов, достаточно иметь 5 осей с тормозящимися колесами, т.е. на каждом прицепе должно быть по 2 тормозящихся колеса.

Вышеприведенные исследования показывают, что у прицепа затормаживающей должна быть передняя ось. Это в значительной степени облегчает реконструкцию тормозного привода прицепов, используемых в настоящее время в большом количестве при бес-тарной перевозке хлопка.

Проведенные в работе теоретические исследования процесса торможения тракторного поезда подтверждают пригодность выбранных критериев для оценки тормозных качеств тракторных поездов, а также позволяют сформулировать ряд требований, выполнение которых обеспечивает получение минимального тормозного пути при достаточной устойчивости движения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОРМОЖЕНИЯ ТРАКТОРНОГО ПОЕЗДА

Безопасность движения тракторного поезда, как и автопоезда, определяется в основном его тормозными качествами. Основными показателями, оценивающими тормозные качества тракторного поезда являются тормозной путь, время торможения, замедление и усилие в сцепке. В качестве основного критерия эффективности действия тормозной системы был выбран тормозной путь.

Объектом исследования был выбран тракторный поезд, составленный из оборудованного пневматикой трактора МТЗ-50Л "Беларусь" и прицепов 2-ПТС-4-793. Нормальное техническое состояние трактора и прицепов в течении всего периода испытания поддерживалось практически постоянным, благодаря проведению своевременного технического обслуживания.

Длина тормозного пути тракторного поезда определялась с помощью прибора "путь - время - скорость", снабженного от-метчиком, связанным контактным устройством с тормозной пе-далью.

Для определения времени торможения фиксировались: отмет-ки времени через 0,1 сек от датчика времени, отметка начала торможения от контакта педали и контактным датчиком конец торможения. Среднее замедление тракторного поезда определя-лось расчетным путем. При этом использовалось известное соот-ношение $j_{cp} = \frac{V_0^2}{2S_T}$, устанавливающее зависимость среднего замедления от начальной скорости торможения и длины тормозно-го пути.

Для записи соответствующих величин использовался шлей-фовый осциллограф Н-700 с усилителем ТА-5-975. До и после про-ведения опытов производилась тарировка системы датчиков. При экспериментальном исследовании указанных параметров зазор в сцепке с серийным устройством трактора МТЗ-50, допускающим люфт до ±28 мм, был устранен при помощи шарнирного устройства, а прицепы между собой соединялись беззазорно.

Основной объем дорожно-полевых исследований выполнен на асфальтированной и грунтовой дороге, типичной для условий

перевозки хлопка. Варьирование крочковой нагрузки достигалось изменением числа прицепов от одного до четырех и их веса.

Достоверность экспериментальных данных обеспечивалась: многократностью проведения опытов, соблюдением стабильного теплового режима работы тормозов, измерительной аппаратуры и тщательной обработкой осциллограмм.

Для исследования сил, возникающих на крюке трактора при торможении /в продольном направлении - $P_{\text{прод.}}$, в поперечном направлении - $P_{\text{поп}}$ / было использовано динамометрическое дышло с тензометрическим звеном, схема которого показана на рис.1.

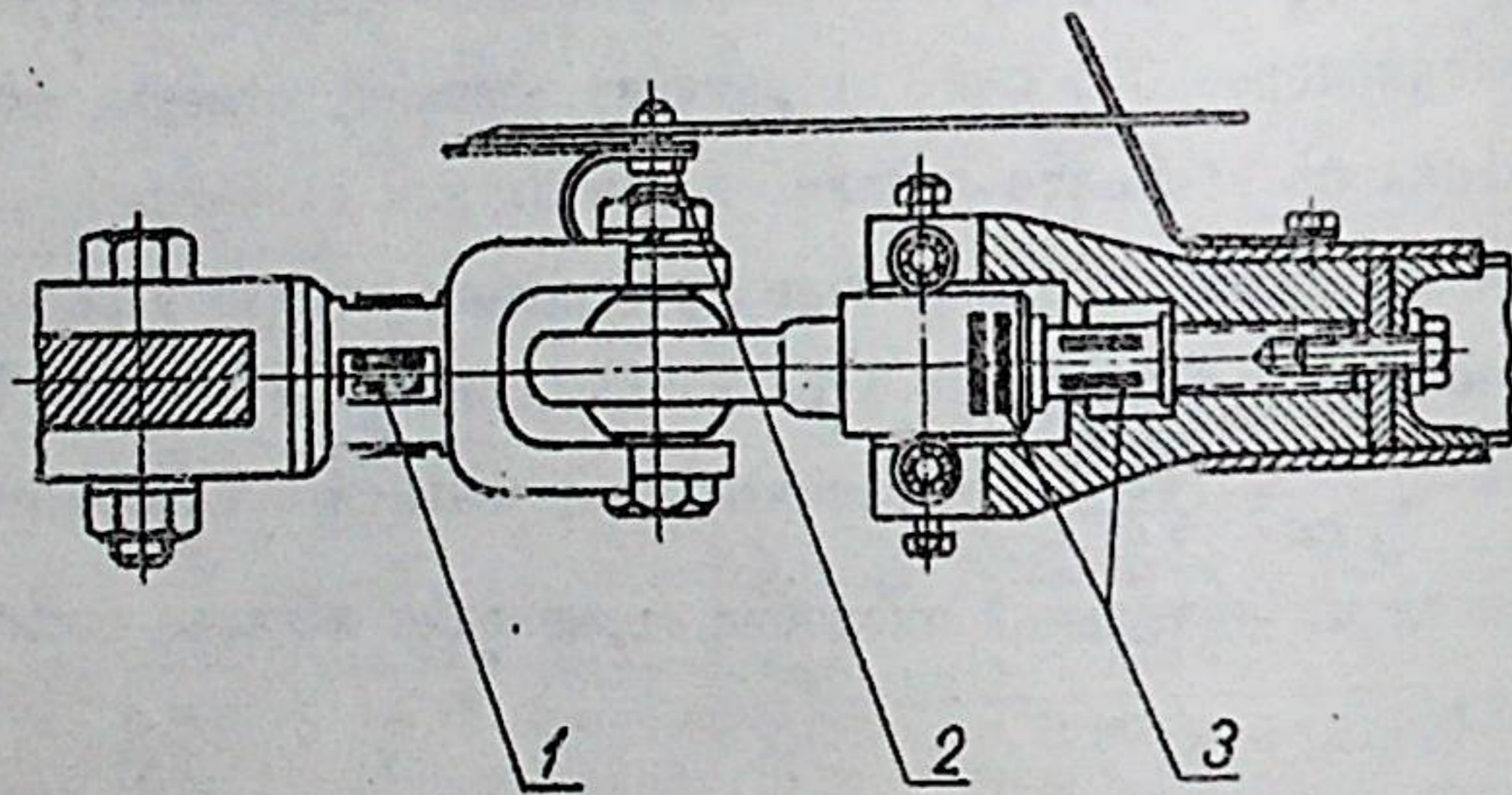


Рис. 1. Динамометрическое дышло с тензометрическим звеном.

- 1 - датчик для определения поперечной силы;
- 2 - реохордовый датчик для измерения угла между продольной осью трактора и дышлом прицепа;
- 3 - датчик для определения силы тяги и наката.

Обработка осциллограмм производилась способом планиметрования, поэтому за действительную величину вышеуказанных усилий принята средняя высота осциллограммы от нулевой линии. Образец осциллограммы показан на рис. 2.

Для выбора рационального способа торможения многозвен-

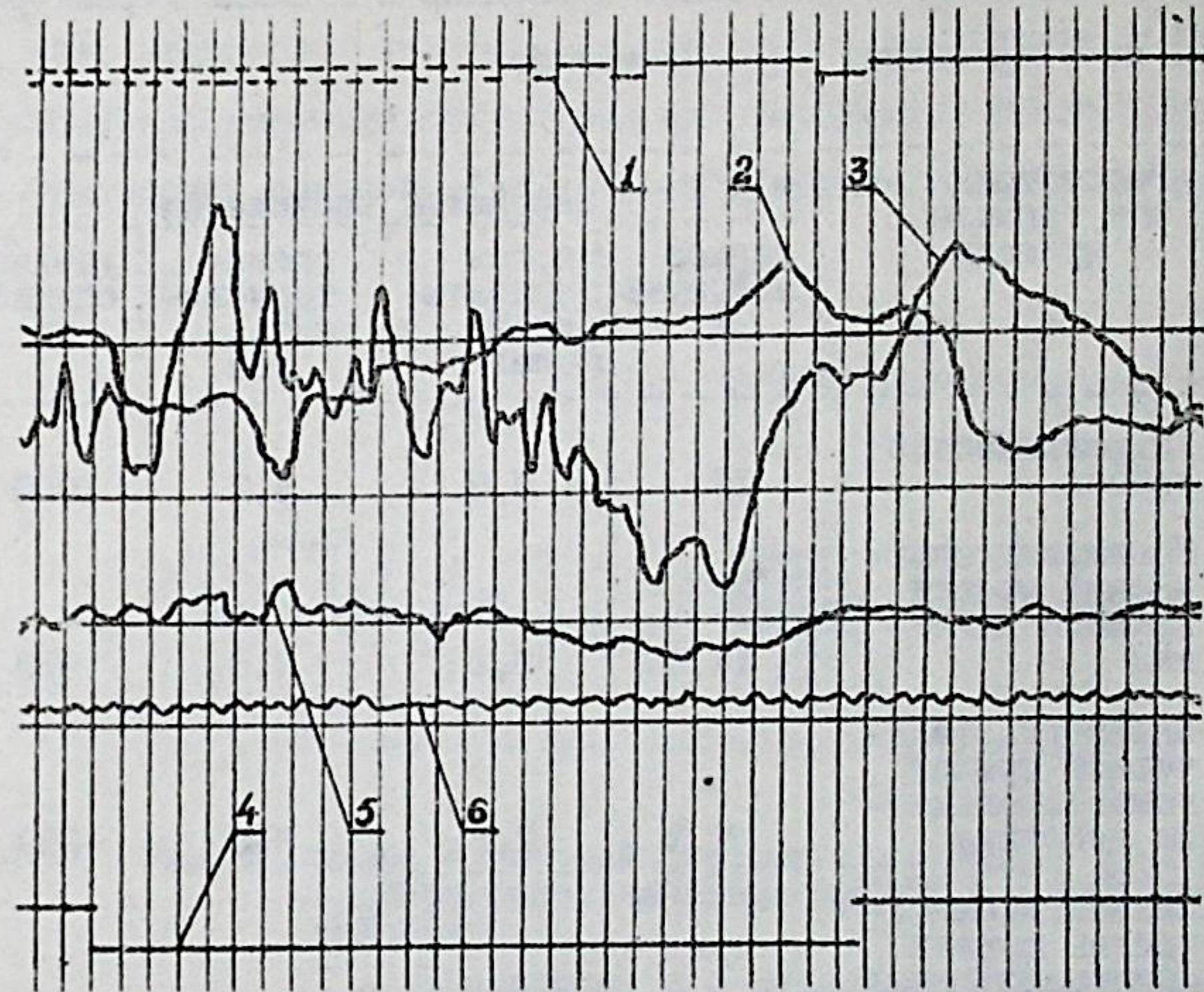


Рис. 2. Образец осциллограммы процесса торможения. 1 - отметка чисел оборотов мерного колеса; 2 - усилие, возникающее в поперечном направлении; 3 - усилие, возникающее в продольном направлении /тяги, накат/; 4 - отметка момента торможения; 5 - усилие, возникающее в вертикальном направлении; 6 - угол между продольной осью трактора и дышлом первого прицепа.

ного тракторного поезда были изучены наиболее распространенные системы торможения:

1. Гидравлический привод.
2. Пневмогидравлический привод прямого действия.
3. Пневмогидравлический привод комбинированного действия.
4. Пневмогидравлический привод обратного действия.

Параметры торможения тракторного поезда, полученные раз-

личными способами торможения, приведены в таблице /тракторный поезд из 4 прицепов, $V_0 = 20$ км/час/.

№ / П	Рассматриваемые тормозные приводы	Параметры торможения			
		тормозной путь, м	время сработки, сек	время торможения, сек	усилие в сцепке, кг
1.	Гидравлический привод	17	0,8	4,2	1050
2.	Пневмогидравлический привод прямого действия	14,4	3,2	3,8	950
3.	Пневмогидравлический привод комбинированного действия	7,2	2,1	3,1	390
4.	Пневмогидравлический привод обратного действия	7,4	2,3	3,2	482

Анализ данных, приведенных в работе и в настоящей таблице, показывает следующее.

К недостаткам первых двух приводов прежде всего следует отнести отсутствие возможности аварийного торможения, большие усилия в сцепке при торможении, способствующие складыванию поезда и значения параметров торможения, не отвечающие требованиям, предъявляемым к тормозным системам.

Пневмогидравлический привод комбинированного действия, в случае агрегатирования трактором 4-х прицепов, обладая некоторыми преимуществами, не обеспечивает аварийного торможения 2-х прицепов, а из-за двухпроводной системы привода к тормозам значительно усложняет эксплуатацию тракторного поезда.

Пневмогидравлический привод обратного действия исключает недостатки исследованных способов торможения и поэтому является наиболее приемлемым для торможения многозвенных тракторных поездов. Схема этого привода показана на рис. 3.

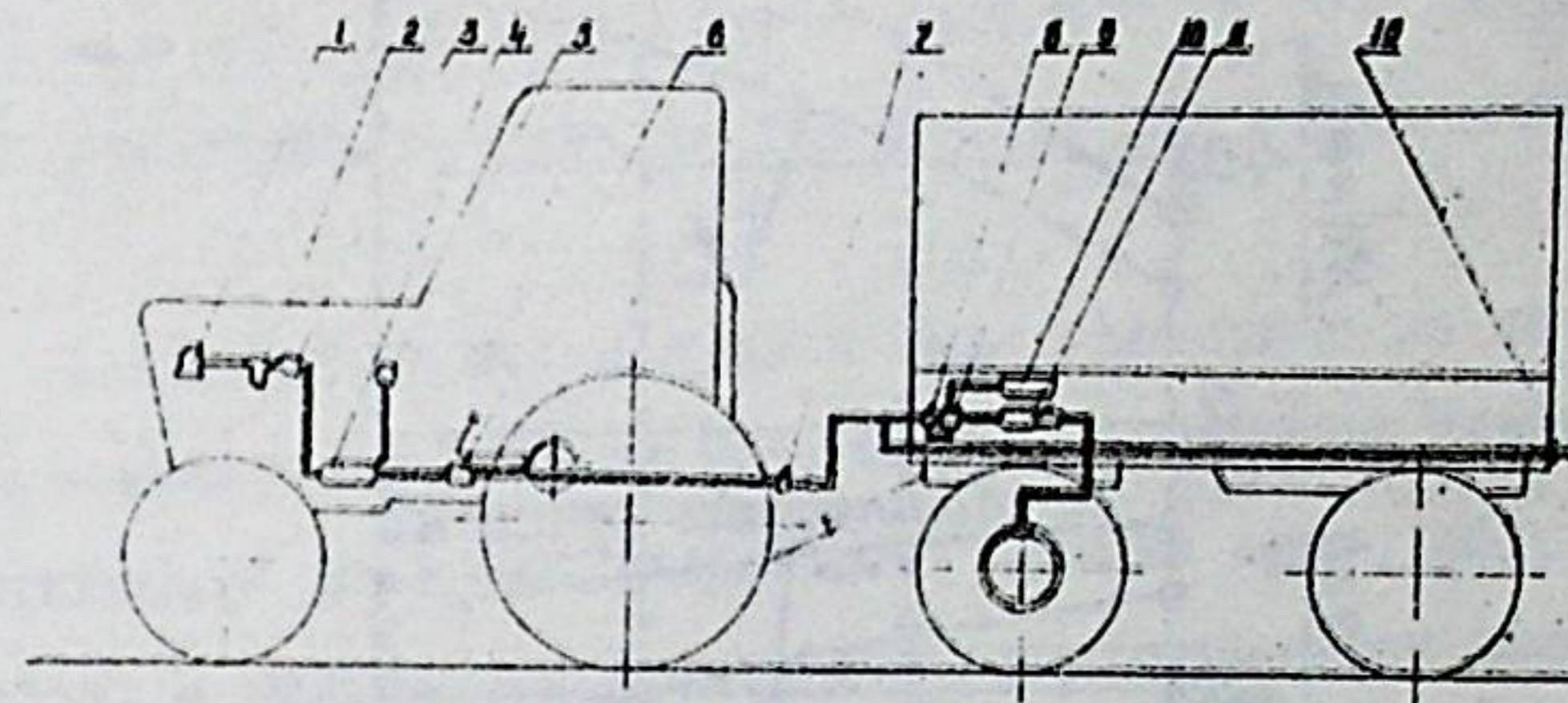


Рис. 3. Схема тормозной системы тракторного поезда с пневмогидравлическим приводом обратного действия.

1 - компрессор; 2 - маслоотделитель; 3 - регулятор давления; 4 - ресивер трактора; 5 - манометр; 6 - тормозной кран; 7 - разобщительный кран; 8 - кран прицепа; 9 - воздухораспределитель прицепа; 10 - ресивер прицепа; 11 - пневмопереходник с главным тормозным цилиндром; 12 - соединительная головка.

При торможении тракторного поезда в сцепном устройстве возникают знакопеременные силы, которые при достижении определенных величин могут вызвать занос, складывание и опрокидывание поезда. Изменения усилий, возникающих на сцепном устройстве трактора в зависимости от количества прицепов с гидравлическим и экспериментальным тормозным приводами приведены на рис. 4. Исследование показало, что максимальное значение этих сил, равное 1050 кг, получено при агрегатировании четырех прицепов с гидравлическим тормозным приводом, что недопустимо.

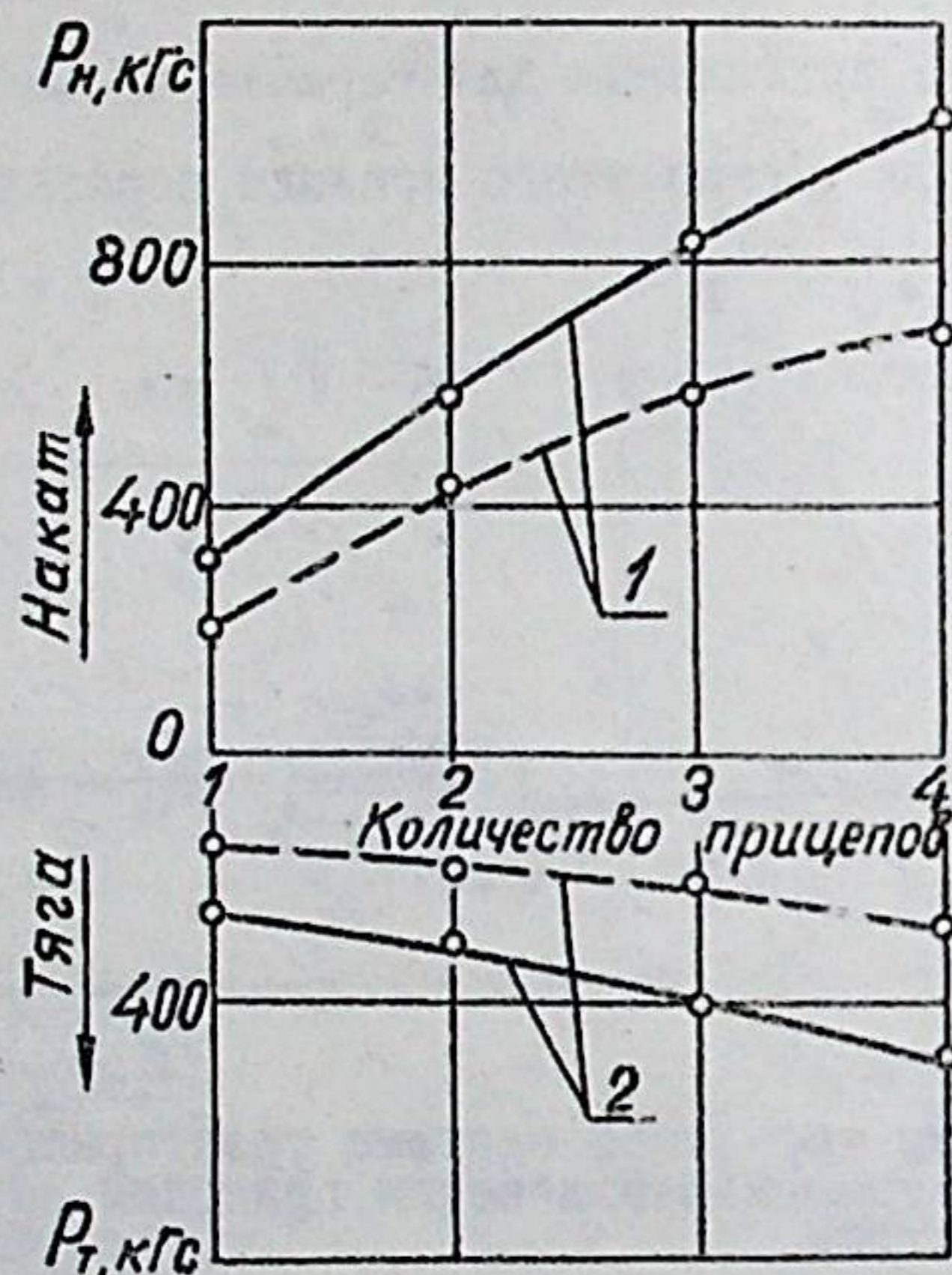


Рис. 4. Изменение сил на крюке трактора при торможении с гидравлическим и экспериментальным приводами в зависимости от количества прицепов.
 1 - гидравлическим приводом; 2 - экспериментальным приводом; — с грузом; - - - без груза.

При торможении тракторного поезда экспериментальным приводом величина силы, возникающей на крюке трактора значительно меньше и не превышает 482 кг, кроме того, она является растягивающей силой, улучшающей его устойчивость при торможении.

В работе приводятся результаты исследования движения тракторного поезда с экспериментальным тормозным приводом на повороте и на уклонах. В частности, приводится исследование поперечной силы $P_{\text{поп}}$, возникающей на крюке трактора при

повороте и стремящейся его опрокинуть.

Эксперименты показали, что максимальное значение $P_{\text{поп}}$ при агрегатировании трактором 4-х прицепов, при радиусе поворота $R_{\text{тп}} = 4,9$ м и угле между продольной осью трактора и дышлом прицепа $\alpha = 36^\circ$, в пять раз меньше сил сцепления колес трактора с дорогой. Такое соотношение сил является гарантией устойчивости тракторного поезда при торможении на повороте.

Аналогичное исследование было проведено по определению устойчивости торможения тракторного поезда на уклонах и эффективности действия аварийного тормоза при отрыве прицепа от поезда. В результате проведенных экспериментов было установлено, что торможение тракторного поезда на максимально допустимых уклонах дорог осуществлялось надежно.

Неоднократная проверка действия аварийного тормоза путем искусственного отрыва прицепов от поезда показала высокую эффективность аварийного затормаживания.

В работе приводятся результаты экспериментального исследования по определению влияния количества прицепов на величину тормозного пути тракторного поезда при торможении гидравлическим и экспериментальным приводами тормозов при различных скоростях движения.

Из рис. 5 следует, что тормозной путь тракторного поезда при увеличении количества прицепов и скорости движения возрастает. Это увеличение более резко выражено для поездов с гидравлическим приводом тормозов.

Если при агрегатировании двух прицепов при начальной скорости торможения 21 км/час тормозной путь с гидравлическим

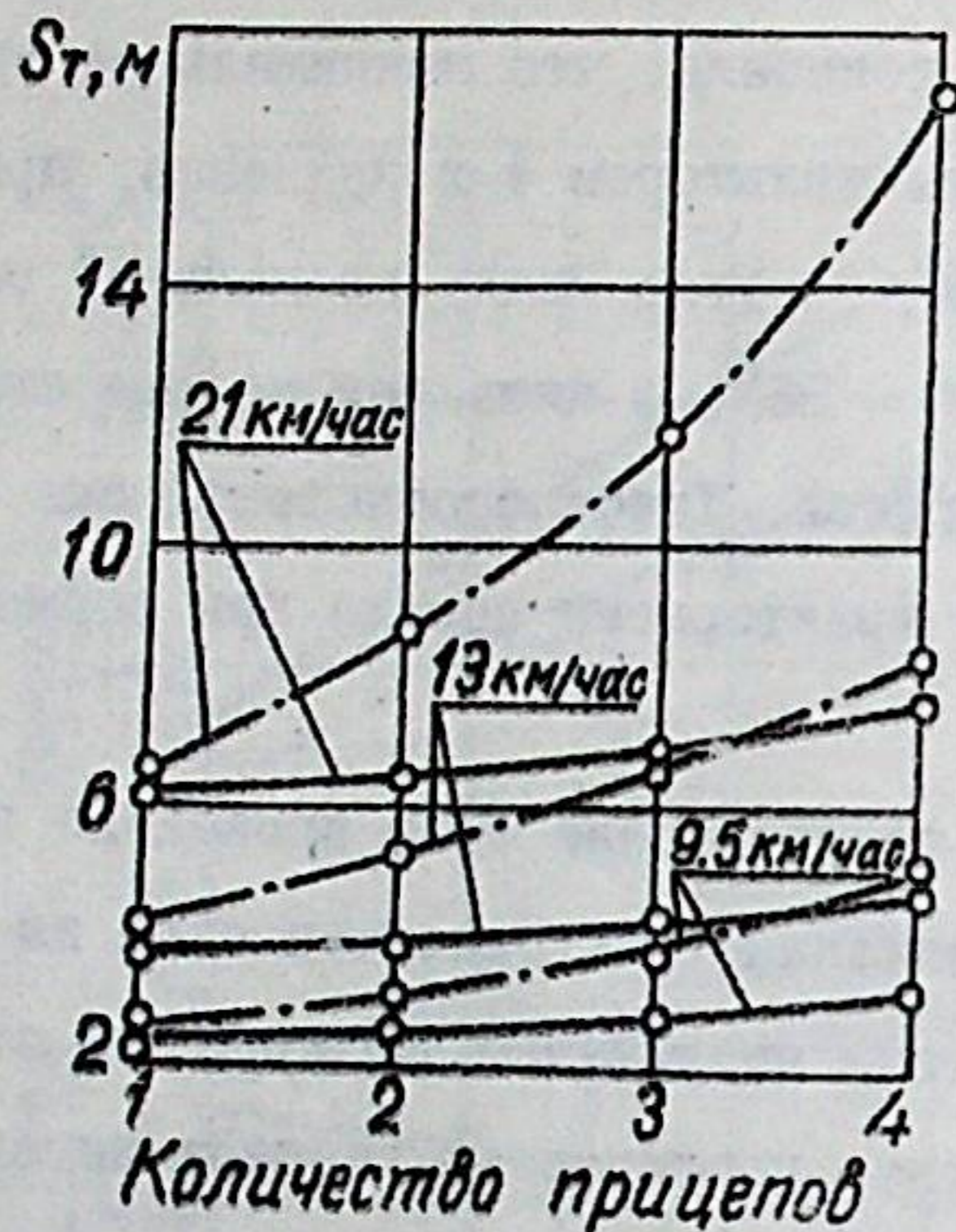


Рис. 5. Влияние количества прицепов на величину тормозного пути тракторного поезда при торможении:
 - с гидравлическим приводом;
 - с экспериментальным приводом.

приводом оставляет 9 м, то с экспериментальным - эта величина равна 6,2 м. Если трактор агрегатирует четыре прицепа, то тормозные пути соответственно равны 17 и 7,5 м, т.е. с экспериментальным приводом почти в 2,3 раза меньше.

Представляло интерес исследовать зависимость длины тормозного пути от количества затормаживающих прицепов. Для этого при проведении экспериментов на тракторном поезде, составленном из 4-х прицепов, последовательно вводились в действие тормоза каждого из 4-х прицепов. Как видно из рис. 6, с увеличением количества затормаживающих прицепов тормозной путь тракторного поезда резко уменьшается. На этом же рисунке показано

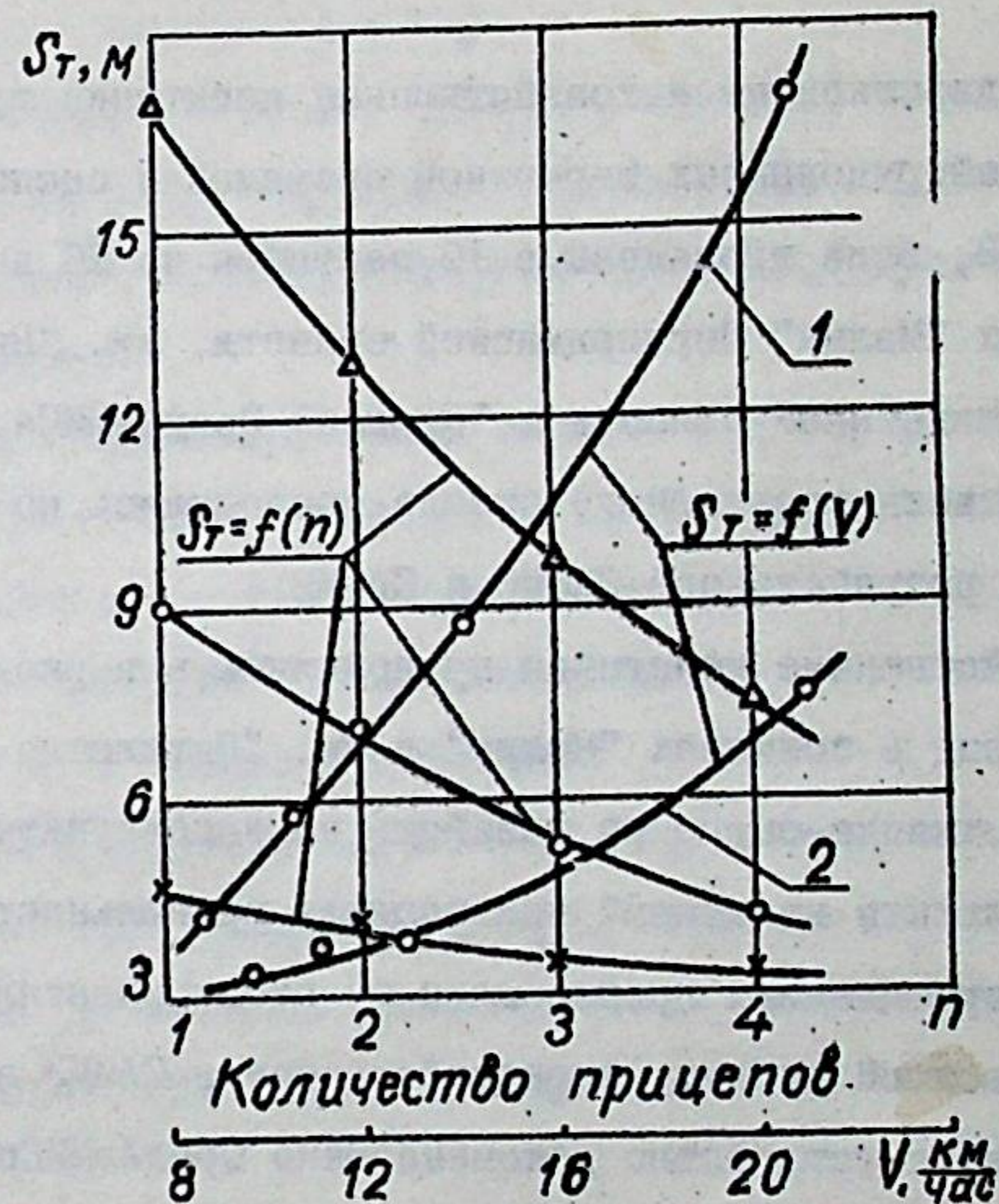
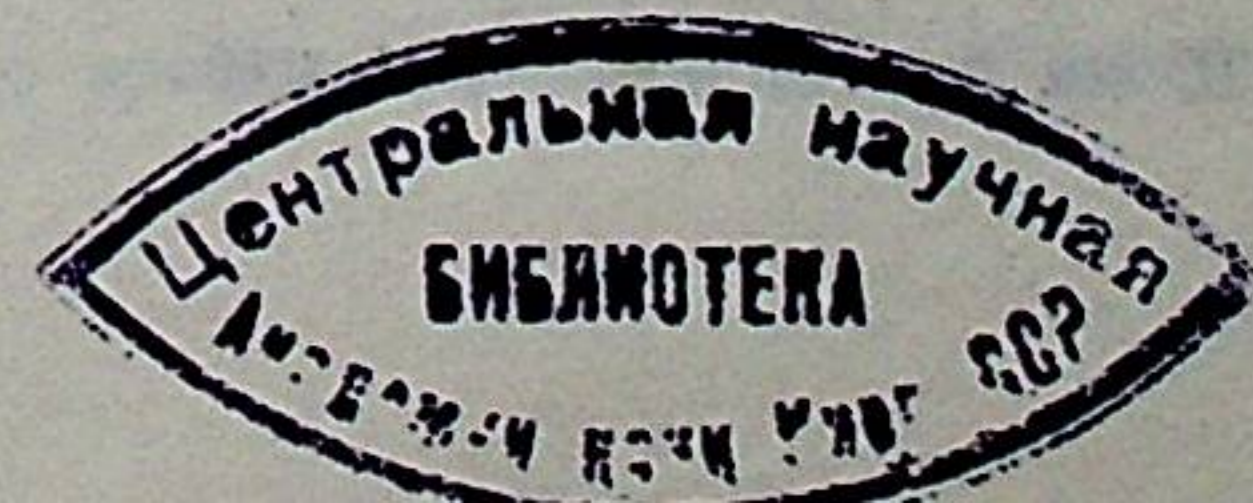


Рис. 6. Влияние количества затормаживаемых прицепов и скорости движения на величину тормозного пути поезда.
 1 - с гидравлическим приводом;
 2 - с экспериментальным приводом;
 Δ - при $V = 21$ км/час;
 о - при $V = 13$ км/час;
 x - при $V = 9,5$ км/час.

изменение длины тормозного пути тракторного поезда в широком диапазоне изменения скоростей.



РЕЗУЛЬТАТЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ И ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

Государственные и хозяйственные испытания тракторных поездов, оборудованных тормозной системой и сцепными устройствами САИМЭ, были проведены с 10 сентября по 26 декабря 1971 г. в совхозах "Малик" Сырдарьинской области, им. "Пятилетия УзССР" Ташкентской области и "Калган" СредАзМИСа.

Испытания тракторного поезда проводились по специальной методике, разработанной САМИС и САИМЭ.

Хозяйственные испытания проводились в период уборки хлопка-сырца в совхозах "Малик" и им. "Пятилетия УзССР" на перевозке хлопка-сырца из хозяйств на заготпункты.

Результаты испытаний подтвердили правильность вышеизложенных теоретических предпосылок и экспериментальных исследований настоящей работы, а разработанное в САИМЭ экспериментальное тормозное устройство рекомендовано СредАзМИСом в производство.

В работе дается экономический анализ эффективности использования исследуемого тракторного поезда, в результате которого показано, что тракторный поезд, составленный из трактора МТЗ-50Л "Беларусь" и 4-х прицепов 2-ПТС-4-793 с экспериментальным тормозным устройством имеет значительные преимущества по сравнению с существующими поездами, выраженные в улучшении тормозных качеств, повышении производительности перевозок и снижении их себестоимости.

Экономия на перевозку 1 тонны хлопка-сырца на расстоянии 10 км составляет 1,24 руб.

На основании результатов теоретического исследования и экспериментов, изложенных в данной работе, необходимо сделать следующие основные выводы:

1. Повышенные скорости транспортных тракторов, выпускаемых в последние годы тракторной промышленностью, требуют надежных тормозных систем тракторных прицепов, агрегируемых этими тракторами.

2. Существующая тормозная система тракторных хлопковых прицепов 2-ПТС-4-793 не отвечает "Единым требованиям к конструкции тракторов и сельскохозяйственных машин по безопасности и гигиене труда" и не обеспечивает возможности комплектования этих прицепов в поезда.

3. Для определения параметров, характеризующих тормозные качества тракторных поездов, проведены аналитические исследования и получены математические зависимости, позволяющие с достаточной точностью определять их конкретные величины.

4. Правильность теоретического определения перераспределения нагрузок по осям прицепа при торможении подтверждена экспериментально, что позволило обосновать установку тормозящихся колес на передней оси прицепа.

5. Экспериментальными исследованиями подтверждено, что разработанный в САИМЭ пневмогидравлический привод тормозной системы тракторных прицепов 2-ПТС-4-793 обеспечивает надежное затормаживание тракторного поезда.

6. Экспериментальный привод тормозов обеспечивает остановку тракторного поезда в слегка растянутом состоянии, что гарантирует более надежное его затормаживание на прямой-

ном участке дороги, на поворотах и уклонах.

7. Неоднократная проверка действия аварийного тормоза путем искусственного отрыва прицепов от поезда показала высокую эффективность аварийного затормаживания.

8. Проведенными исследованиями установлена возможность использования прицепов, находящихся в большом количестве в хлопковых хозяйствах и оборудованных тормозами только на передних колесах, путем установки на них пневмогидравлического привода обратного действия.

9. Разработанный привод тормозов может успешно применяться на тракторных прицепах, оборудованных тормозными механизмами на всех колесах.

10. Применение сцепного устройства САИМЭ и экспериментального привода тормозов тракторного поезда позволяет съэкономить на перевозке 1 тонны хлопка-сырца на расстоянии 10 км 1,24 руб.

II. Результаты государственного испытания тракторного поезда с экспериментальным тормозным приводом подтвердили правильность теоретических предпосылок и экспериментальных исследований, изложенных в настоящей работе.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Эффективность тормозных систем тракторных поездов. К. "Яги техника", № 2, 1971 /в соавторстве с Н.Рашидовым/.

2. Повышение тормозных качеств тракторных поездов при бестарной перевозке хлопка-сырца, УзИНТИ, Информационный

листок, 1971 /в соавторстве с Н.Рашидовым/.

3. О вопросе изучения тормозных качеств тракторных поездов. "Вопросы механизации и электрификации сельского хозяйства", Труды САИМЭ, вып. 8, Изд. "Фан", Ташкент, 1970 /в соавторстве с Н.Рашидовым/.

4. Исследование пути торможения тракторного поезда с пневмогидравлическим приводом тормозов. Ж. "Механизация хлопководства", № 9-10, 1971 /в соавторстве с Н.Рашидовым/.

5. Исследование пневмогидравлического привода тормозов тракторного поезда. В кн. "Межреспубликанская научно-производственная конференция по комплексной механизации производства хлопка", М., 1971 /в соавторстве с Н.Рашидовым/.

6. Новая тормозная система тракторных поездов для бестарной перевозки хлопка-сырца. "Вопросы механизации и электрификации сельского хозяйства", Труды САИМЭ, вып. 9, Изд. "Фан", Ташкент, 1972.

Материалы диссертационной работы должны:

На межреспубликанской научно-производственной конференции по комплексной механизации производства хлопка, 1971;

На Ученом Совете САИМЭ в 1969, 1970, 1971 и 1972 гг.;

На объединенном заседании кафедр "Сельхозмашины", "Эксплуатация автотранспорта" и "Автомобили" Ташкентского политехнического института, 1972 г.