

РАЗДЕЛ 5. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ / ИНЖЕНЕРДИК-ТЕХНИКАЛЫК ИЛИМДЕР / ENGINEERING SCIENCES

УДК 631.431.3

ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗАЛЕЖНЫХ ЗЕМЕЛЬ

**Яковлев Николай Степанович (0009-0001-7664-2005),
Рассомахин Геннадий Климентьевич (0009-0006-6568-4986),
Чернышов Александр Павлович (0009-0004-4063-1867)**

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН (СФНЦА РАН),
р.п. Краснообск, Россия*

***Аннотация:** цель работы - определение тягового сопротивления рабочих органов при обработке залежных серых лесных земель на глубину до 10 см. Эксперименты проводили с машиной ППМ-2,5, на которую устанавливали три стойки, оснащенные отвалами с лапами размером 370 мм. Отвалы взрыхляют дерновый слой и корни растений быстрее высыхают. Для замера тягового сопротивления использовали динамометр ДЭП/3-1Д-50Р-2. Установлено, что сопротивление рабочих органов при работе по залежи превышает сопротивление в работе по полю в 2,4 ... 2,6 раза за счет разрыва дернины, прочность которой достигает 1,8 Н/см². Отвалы увеличивают тяговое сопротивление рабочих органов по залежи на 4,8 – 8,7%, а по обработанному полю на 11,6 – 14,0%. Сопротивление машины перекатыванию по залежи составляет от 10,8 до 13%, по полю до 37% от работы машины без отвалов.*

***Ключевые слова:** неиспользуемая земля, залежь, поле, рабочий орган, почва, тяговое сопротивление, скорость, лапа.*

**ДЫҢ ЖЕРЛЕРДИ ИШТЕТҮҮДӨ ЖУМУШЧУ ОРГАНДАРДЫН ТАРТУУ
КАРШЫЛЫГЫ**

**Яковлев Николай Степанович (0009-0001-7664-2005),
Рассомахин Геннадий Климентьевич (0009-0006-6568-4986),
Чернышов Александр Павлович (0009-0004-4063-1867)**

*Агробиотехнология боюнча Сибирь федералдык илимий борбору (СФНЦА РАН), р.п.
Краснообск, Россия*

***Аннотация:** Жумуштун максаты-боз токойлуу дың жерлерин 10 см тереңдикке чейин иштетүүдө жумушчу органдардын тартуу каршылыгын аныктоо. эксперименттер ППМ-2,5 машинасы менен жүргүзүлүп, ага 370 мм өлчөмүндөгү тамандары бар оодаргычтары менен жабдылган үч мамы орнотулган. Тартуу каршылыгын өлчөө үчүн ДЭП/3-1д-50р-2 динамометри колдонулган. Дың казуу иштеринде жумушчу органдардын каршылыгы талаа иштериндеги каршылыктан 2,4 ... 2,6 эсе ашып*

кеткендиги аныкталды, анын бекемдиги $1,8 \text{ Н/см}^2$ ге жетет. Дың боюнча жумушчу органдардын тартылуу каршылыгын $4,8 - 8,7\%$ га, ал эми тазаланган талаа боюнча $11,6 - 14,0\%$ га жогорулатат. Машинанын дыңды оодарууга каршылыгы $10,8$ ден 13% га чейин, талаа боюнча 37% га чейин машина иштейт.

Өзөктүү сөздөр: дың жер, кыртыш, талаа, жумушчу орган, топурак, тартуу сүйрөө, ылдамдык, таман

TRACTION RESISTANCE OF WORKING TOOLS DURING FALLOW LAND CULTIVATION

**Yakovlev Nikolai Stepanovich (0009-0001-7664-2005),
Rassomakhin Gennady Klimentyevich (0009-0006-6568-4986),
Chernyshov Aleksandr Pavlovich (0009-0004-4063-1867)**

Siberian Federal Research Center for Agrobiotechnology of the Russian Academy of Sciences (SFRCA RAS), Krasnoobsk, Russia

Abstract: *The purpose of the work was to determine the traction resistance of working tools when cultivating fallow gray forest lands to a depth of 10 cm. Experiments were carried out with the PPM-2.5 machine, on which three racks equipped with moldboards with 370 mm paws were installed. To measure traction resistance, a dynamometer DEP/3-1D-50R-2 was used. It has been established that the resistance of the working tools when working on fallow land exceeds the resistance in working on the field by 2.4 ... 2.6 times due to the rupture of the sod, the strength of which reaches 1.8 N/cm^2 . Dumps increase the traction resistance of the working tools for the fallow by $4.8 - 8.7\%$, and for the cultivated field by $11.6 - 14.0\%$. The resistance of the machine to rolling on the fallow is from 10.8 to 13% , on the field up to 37% of the operation of the machine without dumps.*

Key words: *unused arable land, fallow land, field, working tool, soil, traction resistance, speed, blade*

1. Введение

В России площадь пашни составляет порядка 120 млн. га или 10% пахотных угодий мира (Росстат. М., 2019 317 с.). В настоящее время, по данным министерства сельского хозяйства, не используется около 44 млн. га сельхозземель, из которых 20 млн. га – пашня, что равно 11,5% общей площади земель сельскохозяйственного назначения. В Новосибирской области на 2024 год не использовалось более миллиона га пахотных угодий, залежь составляет примерно 10% (Соловьев С.В., 2018). Эти земли зарастают сорняками, малоценными древесными и

кустарниковыми породами, что делает освоение таких земель высокочрезвычайно затратным. В этой связи, разработка комплекса мероприятий и машин для быстрого и эффективного освоения залежных земель является важнейшей задачей, стоящей перед учеными и земледельцами современной России (Яковлев Н. С., 2024). Для разработки новых машин и оборудования прежде всего необходимо знать удельное сопротивление дернины продвижению рабочих органов при обработке залежных земель. В связи с чем, целью работы является определение тягового сопротивления рабочих органов

при обработке залежных земель. При этом решали следующие задачи:

1. Определить влияние отвалов для рыхления дернины на величину удельного тягового сопротивления при обработке залежных земель.

2. Выявить закономерности изменения тягового сопротивления рабочих органов в зависимости от скорости выполнения работы.

2. Материалы и методы исследования

Общий метод расчета тяговых сопротивлений орудий основывается на результате экспериментальных исследований. Для лемешных плугов академиком В.П. Горячкиным была предложена формула, которая учитывает три составляющие: сопротивление трения при перемещении плуга в борозде (R_1); сопротивление почвы (R_2); сопротивление, возникающее в результате сообщения кинетической энергии частицам почвы при отбрасывании их в сторону (R_3). В практических расчетах допускается принимать $R_3=0,1R_2$. Тяговое сопротивление плуга ($R_{пл}$, Н) определяется по формуле:

$$R_{пл} = f G_{пл} + K_{п} a V_{пл} + a V_{пл} V_{2пл},$$

(1)

где f – коэффициент, учитывающий трение плуга о дно и стенку борозды и трение колес (0,25-0,70); $G_{пл}$ – сила тяжести плуга, Н; $K_{п}$ – удельное сопротивление почвы, Н/см²; a – глубина вспашки, см; $V_{пл}$ – ширина захвата плуга, см; V – скорость движения плуга, м/с.

Тяговое сопротивление культиватора (R_k), в зависимости от вида культивации определяется по следующей формуле:

$$R_k = f_k G_k + K_{р.о} B_k,$$

где f_k – коэффициент сопротивления качению культиватора; G_k – сила тяжести культиватора, Н; $K_{р.о}$ – удельное сопротивление рабочих органов, Н/м; B_k – ширина захвата культиватора, м.

Определение удельного (тягового) сопротивления рабочих органов проводили на многолетней залежи, которая не обрабатывалась более 30 лет. На рисунке 1 представлена экспериментальная машина ППМ-2,5, на которой установлены рабочие органы (Яковлев Н.С., 2018). На машину устанавливали три стойки с лапами размером 370 мм через расстояние 320 мм, это было сделано для того, чтобы рабочая ширина захвата машины составляла один метр, на приборе это считывалось как удельное сопротивление рабочих органов



Рис. 1. Экспериментальная машина «ППМ-2,5»

Н/м.

Для замера тягового сопротивления использовали динамометр ДЭП/3-1Д-50Р-2 (рис.2). Тензометрический датчик размещали на прицепе трактора, а электронный блок фиксации измерений на машине. Показания динамометра

фиксируют на видеокамеру. Для контроля проводили замер тягового сопротивления на старопахотном поле, где сеяли яровую пшеницу, а осенью в 2023 году поле обработали культиватором на глубину 10 см. Почва на залежи и в поле серая лесная, толщина дернового слоя на залежи 8 - 10 см,



Рис. 2. Динамометр ДЭП/3-1Д-50Р-2 для определения тягового сопротивления



Рис. 3. Культиваторная лапа, оснащенная специальным отвалом

прочность дернины на разрыв 0,18 кг/см².

Для определения удельного сопротивления рыхления дернового слоя на машину в местах крепления лап к стойке устанавливали специальные отвалы (рис.3).

Скорость агрегата фиксировалась по времени прохода расстояния между метками, которые устанавливали через 10 метров по ходу агрегата. Причем, видеокамеру на машине установили так, чтобы в процессе эксперимента в кадр одновременно

попадали дисплей динамометра и метка. При просмотре видеозаписи на компьютере проводили хронометраж времени прохода агрегата между метками и определили скорость обработки. Показания динамометра считывали с интервалом в одну секунду, среднее значение показаний динамометра учитывалось как удельное тяговое сопротивление агрегата.

3. Результаты исследований

Установка отвалов на стойки культиваторов позволяет взрыхлить дерновый слой залежной почвы и быстрее

высушить корни растений составляющих дерновый слой. Отрезанный от основной почвы пласт дернины просыхает и



Рис. 4. Обработка залежи культиваторной лапой, оснащенной специальным отвалом

корневища погибают (рис. 4).

В первом проезде определяли сопротивление агрегата перекачиванию по многолетней залежи и по участку обработанного поля с поднятыми рабочими органами. Первую обработку проводили с рабочими органами без отвалов. Тяговое

сопротивление определялось при работе агрегата на трех скоростях. Первый проход - по многолетней залежи, второй - по обработанному полю. Аналогично проводили второй эксперимент, с рабочими органами, оснащенными отвалами. Результаты представлены на графиках

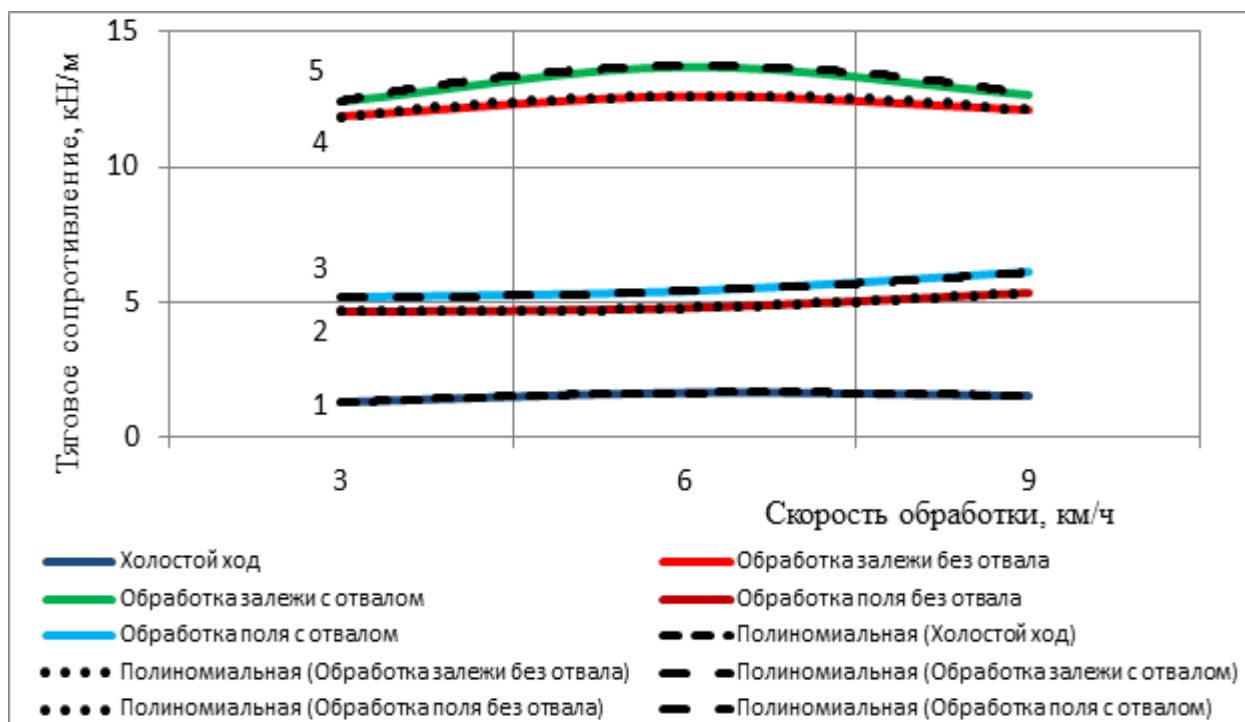


Рис. 5. Результаты замеров тягового сопротивления рабочих органов «Составлено авторами»

рис.5.

Сопротивления передвижению агрегата при холостом проезде можно описать уравнением вида:

$$Y_1 = 0,44 + 1,08X - 0,24X^2, \quad (3)$$

где X – рабочая скорость агрегата км/ч. Анализируя уравнение (3) можно сделать вывод, что при увеличении скорости машины при перекачивании по полю, находящемуся в залежи до 9 км/ч, сопротивление машины перекачиванию увеличивается на 18 ... 28%.

Сопротивление рабочих органов при обработке поля можно описать уравнением: без отвалов

$$Y_2 = 4,93 - 0,49X + 0,21X^2; \quad (4)$$

с отвалом

$$Y_3 = 5,47 - 0,525X + 0,245X^2. \quad (5)$$

Анализ уравнений позволяет сделать заключение, что сопротивление рабочих органов, как без отвалов, так и с отвалами при работе на старопахотном поле, соответствует расчетам по формуле (1), предложенной В.П. Горячкиным. Однако, закономерность эта нарушается при обработке залежных земель:

без отвалов

$$Y_4 = 9,82 + 2,68X - 0,64X^2; \quad (6)$$

с отвалом

$$Y_5 = 8,81 + 4,785X - 1,165X^2. \quad (7)$$

Необходимо отметить, что сопротивление рабочих органов при работе по залежи превышает сопротивление в работе по полю в 2,4 ... 2,6 раза за счет разрыва корневищ растений, образующих дернину, связность которой достигает 1,8 Н/см². Установка отвалов на рабочие органы увеличивает тяговое сопротивление по залежи на 4,8 – 8,7%, по обработанному полю на 11,6 – 14,0%. Сопротивление машины перекачиванию по залежи составляет от 10,8 до 13% в сравнении с работой по залежи без отвалов. При работе по полю сопротивление перекачиванию

может достигать до 37% от рабочего, это объясняется тем, что на старопахотном поле почва меньшей плотности и на обработку тратится меньше энергии. Сопротивление машины перекачиванию по залежи и полю близки по значениям (1,64 кН/м и 1,77 кН/м соответственно). Использование формул (1 и 2), а так же результатов исследований позволяет рассчитать рабочую ширину агрегата для обработки многолетних залежных земель.

4. Дискуссия

По результатам исследования выявлены отклонения фактических результатов сопротивления рабочим органам при обработке залежных земель от расчетных по формуле В.П. Горячкина (1). При увеличении скорости обработки почвы плужными корпусами удельное сопротивление передвижению машины должно увеличиваться за счет увеличения кинетической энергии на переворот пласта дернины, в нашем случае оно снижается. Это можно объяснить тем, что состав дернины неоднородный, а при повышении скорости увеличиваются силы инерции машины, которые способствуют разрыву корневищ и снижению удельного тягового сопротивления. Положительным моментом в нашем случае является то, что взрыхлённый отвалами слой дернины просыхает быстрее и обработка залежных земель таким способом возможна даже в неблагоприятные по метеоусловиям годы. В совместных исследованиях Воронежского ГАУ и Всероссийского НИИ защиты растений МСХ РФ, проведенных в ООО «Лебяжье» Раменского района Воронежской области, применяли обработку залежи дисковыми орудиями с постановкой пласта на ребро. Данный метод позволил уничтожить до 90 % корневищных сорняков при сухой и жаркой погоде, однако, при выпадении дождей высушить корневища не удалось [5]. В нашем случае, с применением отвалов, корневища растений уничтожаются при влажной погоде за пять проходов культиватора, а при жаркой и сухой за три.

В исследованиях, проведенных в институте агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства - филиала ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, также отмечено, что мелкая обработка залежной почвы культиватором КЗН-4 более эффективна по сравнению с типовой технологией с применением дисковой бороны [6]. Однако, обработка залежной почвы культиватором КЗН-4 требует двух или трехкратный проход агрегата по полю (вдоль-поперек), что влечет за собой лишние затраты энергии и труда. Разработанный ими агрегат УКПА-2,4 позволяет сократить число проходов по полю и снизить энергетические затраты. Это новый агрегат, который требует освоения на производстве. Предлагаемая нами установка отвалов, на освоенные промышленностью культиваторы, позволяет хозяйствам с малыми затратами решить вопросы по обработке залежных земель. Установка отвалов увеличивает тяговое сопротивление по залежи на 4,8 – 8,7%.

5. Выводы

1. При работе агрегата на залежных землях сопротивление рабочих органов выше в 2,4 ... 2,6 раза, чем при работе по обработанному полю.

2. Установка отвалов для взрыхления пласта дернины увеличивает тяговое сопротивление рабочих органов по залежи на 4,8 – 8,7%, по обработанному полю на 11,6 – 14,0%.

3. Получены уравнения регрессии, которые позволяют определить изменение удельного тягового сопротивления в зависимости от скорости обработки старопахотного поля и поля, находящегося в залежи.

4. Сопротивление машины перекачиванию по залежи составляет от 10,8 до 13%, по полю может достигать до 37% от работы рабочих органов без отвалов.

6. Использованная литература

1. Россия в цифрах. 2019: крат. стат. сб. / Росстат. М., 2019 317 с.

2. Соловьев С.В., Миллер Г.Ф., Безбородова А.Н., Филимонова Д.А. Сукцессия на молодых и средневозрастных залежах лесостепной зоны западной Сибири в пределах Новосибирской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 10. С. 116 -120.

3. Яковлев Н. С., Рассомахин Г.К., Чернышов А.П., Черных В.И. Аграрная наука - сельскому хозяйству. Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Барнаул, 2024. С. 138-140.

4. Яковлев Н.С., Назаров Н.Н., Рассомахин Г.К., Маркин В.В., Черных В.И. /Повышение качества обработки почвы комбинированными агрегатами // Вестник Бурятской ГСХА им В.Р. Филиппова. 2018. № 2. С.110-116.

5. Саратовский Л.И., Хрюкин Е.И. Использование залежных земель // Защита и карантин растений. 2008. №10. С. 38–40.

6. Джабборов Н.И. Шамонин В.И. Сравнительная оценка технологий восстановления залежных земель в условиях повышенного увлажнения // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2018. №3(96). С. 73-85.