Gasparyan Svetlana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Academy of law and management of the federal penitentiary service of Russia, Russia, Ryazan, e-mail: gasparyan.svetlana@yandex.ru.

Borychev Sergey – Full Doctor of Economic Sciences of the Russian Academy of Sciences, Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Russia, Ryazan. e-mail: 896066486088@mail.ru.

Makarov Valentin – Full Doctor of Technical Sciences, Professor of Ryazan state agrotechnological university named after P.A. Kostycheva, Russia, Ryazan, e-mail: va_makarov@rambler.ru.

Поступила в редакцию (Received): 29.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 18.08.2021

УДК 631.612: 626.8
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-56-64

ЛАБОРАТОРНАЯ ОЦЕНКА ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПАССИВНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА КАМНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

[1]Насонов Сергей Юрьевич,
[1]ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет-МСХАимени К. А. Тимирязева»

Реферат. *Рассмотрен подход к вопросу о необходимости проведения мелиоративных работ на деградированных сельскохозяйственных землях, в частности, в уборке засоренных камнями территорий. Выбрана в качестве объекта исследования камнеуборочная машина марки КУМ-1,25. Предложен подход к оценке её одного из главных недостатков – больших тяговых сопротивлений – подробного изучения рабочего процесса: её энергетических и технологических показателей. Проведены экспериментальные исследования в лабораторных условиях на масштабной физической модели рабочего органа камнеуборочной машины. Проведен однофакторный эксперимент на малом грунтовом канале, получены записи тяговых усилий при работе – реализации, измерены сформированные показатели каменистости до рабочего прохода и после него. Сделана предварительная обработка результатов опытов этого эксперимента, получены статистические характеристики тягового сопротивления – математическое ожидание и дисперсия. Предложены соответствующие аналитические функции для описания результатов. Проведена регрессия различными зависимостями, установлены наиболее подходящие из них. Определены дисперсии адекватности и корреляционные отношения для выявления точности описания опытных данных. Кроме того, коэффициент удельного сопротивления при выборке камней определен, необходимый для возможности инженерного расчёта тяговых сопротивлений. Получено его среднее значение, статистически обоснована возможность его использования как постоянной величины. Зависимости тягового сопротивления и коэффициента удельного сопротивления от такого показателя как каменистость получены по опытным данным. Определено значению коэффициента чистоты выборки камней. Этот показатель можно рассматривать, как величину для возможной оценки такого свойства как качества работы камнеуборочной машины.*

Ключевые слова: *засоренность, камнеуборка, рабочий орган, тяговые сопротивления.*

LABORATORY ASSESSMENT OF TRACTION RESISTANCE PASSIVE WORKING BODY OF STONE CUTTING MACHINE

[1]Nasonov Sergey
[1] FSBEI HE "Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev"

Abstract. *The approach to the issue of the need for reclamation works on degraded agricultural lands, in particular, in the cleaning of areas littered with stones, is considered. A stone-harvesting machine of the KUM-1.25 brand was chosen as the object of research. An approach to assessing its one*

of the main disadvantages - large traction resistance - a detailed study of the working process: its energy and technological indicators is proposed. Experimental studies were carried out in laboratory conditions on a large-scale physical model of the working body of a stone harvesting machine. A one – factor experiment was carried out on a small soil channel, records of traction forces during operation-implementation were obtained, and the formed stony indicators were measured before and after the working passage. Preliminary processing of the results of the experiments of this experiment was made, statistical characteristics of the traction resistance – mathematical expectation and variance were obtained. The corresponding analytical functions are proposed. Regression was carried out with various dependencies, the most suitable ones were established. The variances of adequacy and correlation relations were determined to reveal the accuracy of the description of the experimental data. In addition, the coefficient of resistivity when sampling stones is determined, which is necessary for the possibility of engineering calculation of traction resistance. Its average value was obtained, the possibility of its use as a constant value was statistically substantiated. The dependences of traction resistance and resistivity coefficient on such an indicator as rockiness were obtained from experimental data. Determined by the value of the coefficient of purity of the sample of stones. This indicator can be considered as a value for a possible assessment of such a property as the quality of the stone picker.

Keywords: *blockage, stone removal, working body, traction resistances.*

Введение. Одним из видов деградации мелиорированных земель является засоренность камнями (каменистость). Присутствие каменистых включений в почве негативно влияет на любой технологический процесс, связанный с её обработкой: вспашкой, севом, уборкой и другими: глубоким мелиоративным рыхлением и строительством дренажа. Наличие поверхностных или скрытых камней, в целом, снижает производительность машин и препятствует нормальному осуществлению технологических приёмов. В этой связи, особенно актуально, проведение специальных культуртехнических работ – камнеуборки. Анализ различных способов уборки камней позволяет говорить о том, что наиболее востребованным является очистка поверхностного слоя до 0,2 *м* от мелких камней [1]. Для таких целей применяют различные типизированные технологические машины. Довольно широко используются машины типа УКП-0,7М, КУМ-1,25 и другие. Такие машины имеют довольно простую конструкцию и высокую производительность. Существенным недостатком таких машин является большое тяговое сопротивление при их работе. Для детального изучения рабочего процесса этих машин, и оценки энергоёмкости, предполагается проведение экспериментальных исследований.

Материалы и методы. Количественная оценка проводилась на изготовленной масштабной физической модели рабочего органа камнеуборочной машины типа КУМ-1,25 (М1:4), на малом грунтовом канале в лаборатории «Мелиоративные машины» [2, 3]. Опыты выполнялись по схеме однофакторного эксперимента [2]. Для получения натурной зависимости: $F_{н} = f(h)_{н}$ исследовалось влияние переменного фактора, h – величины заглубления зубьев при выборке камней, на параметр оптимизации (тяговое сопротивление). Изменяемый параметр принимался из следующих соображений: $h_{н} = h_{м} \cdot m$, где: $h_{н}$ – натурная глубина выборки камней, *м*; $h_{м}$ – модельная глубина выборки камней: $h_{м} = 1, 2, 3, 4, 5$ см; m – масштабный коэффициент физической модели, $m = 4$, тогда, $h_{н}^{max} = 0{,}2$ м, что соответствует максимальной рабочей глубине при работе оригинальной машины. Тип грунта в канале – средний суглинок, плотность в каждом опыте поддерживалась постоянной и составляла $C_{уд} = 5$ ударов ударника ДорНИИ, что соответствует II-ой категории грунта.

План и порядок выполнения лабораторных исследований состоял из следующих пунктов: доведения грунта до однородного состояния, необходимом доувлажнении, в разравнивании грунта, уплотнении и проверки плотности по числу ударов ударника ДорНИИ. Параметры засоренности камнями поверхности и глубинного слоя грунта были следующие: диаметр камней $d_{м}^{к} \approx 1{,}25 \ldots 7$ см^2, средняя засоренность (каменистость) $P_{м}^{m} = 524 \ldots 815$ см^3/1 м^2, общий объём камней составил, $V_{общ} \approx 3404$ см^3. Для лучшего визуального восприятия и оценки, диапазоны средних диаметров камней были помечены разными цветами путём их окрашивания. Чистота выборки извлечённых камней из почвы и полнота их сбора, определялась на участке длинной 2 *м* и шириной 0,5 *м* в каждом опыте. Аналитически, чистота выборки камней, $\psi_{м}^{к}$, определялась

следующим образом: $\psi_{\text{м}}^{\text{к}} = \frac{V_{\text{м}}^{\text{в}}}{V_{\text{м}}^{\text{общ}}} \cdot 100, \%$, где: $V_{\text{м}}^{\text{в}}$ – модельный объём всех извлечённых камней после прохода, см^3.

Последовательность проведения опытов заключалась в следующем: установке тензометрической тележки в начальное положение и опускании рабочего органа на необходимую глубину; включении измерительной аппаратуры для приёма данных от двух кварцевых пьезодатчиков и записи на компьютер величин усилий. Каждым результатом проведения этих опытов было получение кривых изменения тягового сопротивления во времени (реализаций). На рисунке 1 представлены элементы проведения экспериментальных исследований.

Рисунок 1 – Фрагменты проведения лабораторных исследований: *а)* – общий вид засоренной поверхности экспериментального участка; *б)* – начало движения рабочего органа, глубина: $h_м$=2 *см*; *в), г), д)* – рабочий процесс извлечения камней с поверхностного и глубинного слоёв; *е)* – вид засоренной поверхности после прохода рабочего органа камнеуборочной машины.

В результате серии опытов был получен ансамбль реализаций, представленный на рисунке 2.

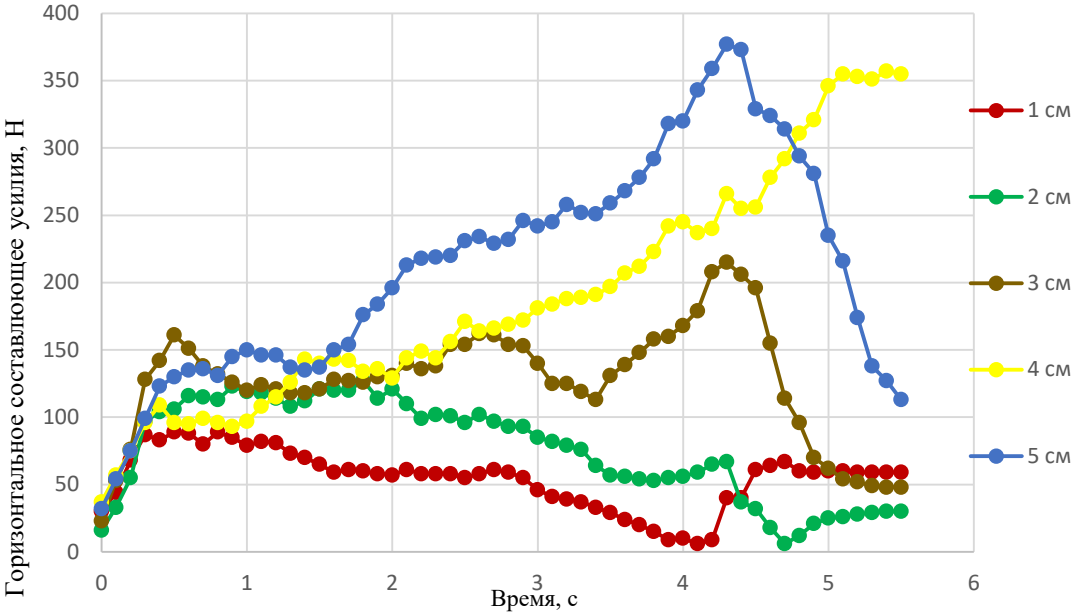

Рисунок 2 – Реализации горизонтальных усилий
при различных глубинах уборки камней.

Результаты и их обсуждение. Последующая обработка экспериментального материала заключалась в следующем. На каждой из кривых тягового сопротивления выбирался участок установившегося режима, характеризующейся постоянством изменения среднего значения во времени. Реализация обрабатывалась, прежде всего, для получения числовых характеристик процессов: математического ожидания m_x тягового усилия и его дисперсии D_x, подобную процедуру выполняли для каждого опыта. Математическое ожидание, полученное для масштабной модели $F_м$, как среднее значение каждой реализации принималось за натурные величины показаний при работе оригинала по следующему соотношению: $F_н = F_м \cdot m^П$, H, где П – показатель степени, зависящий от характера подобия объектов, П = 3 для талых грунтов. Все итоговые данные результатов обработки сведены в таблицу.

Таблица – Измеряемые и расчётные величины однофакторного эксперимента.

№ п/п	$h_м$, *см*	$P_m^М$, см^3/1 м^2	$h_н$, *м*	$P_m^Н$, м^3/га	$F_н$, *кН*	$D_x^н$, кН^2
1	1	815,12	0,04	8,15	3,33	1,48
2	2	694,86	0,08	6,95	7,07	0,42
3	3	615,02	0,12	6,15	8,69	0,95
4	4	524,84	0,16	5,25	13,39	4,63
5	5	755,08	0,20	7,56	15,39	10,91

Дальнейший этап анализа экспериментальных данных предполагает получение адекватного уравнения регрессии исследуемой зависимости.

На первой стадии предполагается, что зависимость тягового сопротивления от глубины выборки камней линейна, т. е. уравнение регрессии имеет вид: $Y = b_0 + b_1 \cdot X$, где: Y – тяговое сопротивление (параметр оптимизации); X – переменная (глубина выборки камней); b_0, b_1 – коэффициенты уравнения регрессии, определяющиеся при помощи метода наименьших квадратов. Об адекватности полученного уравнения можно судить по значению коэффициента корреляции.

Анализ результатов предварительной обработки экспериментальных данных, полученных с рабочим органом камнеуборочной машины, позволил сформировать два вектора натурных данных: $F_н = (3{,}33\ 7{,}066\ 8{,}691\ 13{,}389\ 15{,}393)^Т$, и $h_н = (0{,}04\ 0{,}08\ 0{,}12\ 0{,}16\ 0{,}2)^Т$. Анализируя

эти векторы, можно отметить характер возрастания тягового сопротивления с увеличением глубины выборки камней. Об этом же свидетельствует рассчитанный коэффициент корреляции, значение которого составило $r = 0{,}991$. Эта величина говорит о наличии между этими векторами функциональной зависимости близкой линейной. На рисунке 3 показан график натурной зависимости тягового сопротивления от глубины выборки камней $F_{\text{н}} = f(h)_{\text{н}}$.

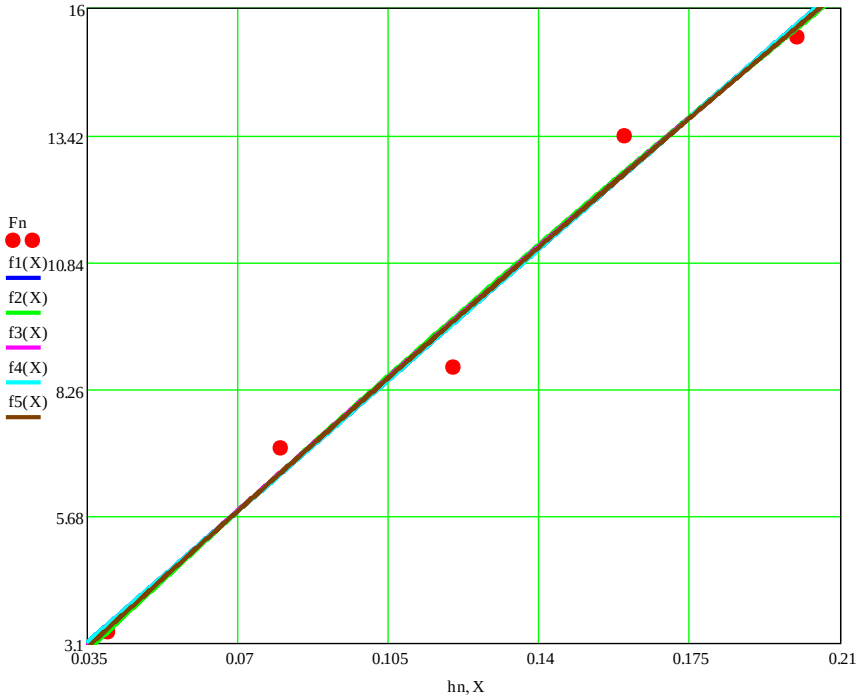

Рисунок 3 – Регрессионный анализ экспериментальных данных различными зависимостями.

С помощью пяти зависимостей: $f1(X)$, $f2(X)$, $f3(X)$, $f4(X)$, $f5(X)$ – соответственно, линейной, параболической, полиномиальной, экспоненциальной и степенной функций, была описана регрессия экспериментальных точек. Установлено, что приблизительно с одинаковой точностью опытные данные описывают предложенные аналитические зависимости. Численную оценку сравнения точности выполненного регрессионного анализа определим по следующим показателям: дисперсии воспроизводимости (общей дисперсии) и дисперсии адекватности для пяти функций. Результаты расчетов, следующие: $S_y^2 = 18{,}894$ кН^2; $DA_1 = 0{,}586$; $DA_2 = 0{,}587$; $DA_3 = 0{,}874$; $DA_4 = 0{,}879$; $DA_5 = 0{,}583$, кН^2 – соответственно. Кроме того, для каждой зависимости было определено корреляционное отношение, итоговые значения расчётов, следующие: $\theta_1 = 0{,}031$; $\theta_2 = 0{,}031$; $\theta_3 = 0{,}046$; $\theta_4 = 0{,}047$; $\theta_5 = 0{,}031$.

Для ориентировочного расчёта тяговых сопротивлений при движении рабочего органа камнеуборочной машины были определены значения коэффициента удельного сопротивления при извлечении камней. Эти данные представлены в виде вектора: $k_{\text{уд(н)}} = (66{,}6\ 70{,}66\ 57{,}94\ 66{,}945\ 61{,}572)^{\text{T}}$. Было рассчитано среднее значение $k_{\text{уд(н)}}$, составившее 64,743 *кПа*, (графические представление $k_{\text{уд(н)}}$ дано на рисунке 4), а также подсчитана дисперсия вектора $k_{\text{уд(н)}}$, равная $D_{k_{\text{уд(н)}}} = 24{,}911$ кПа^2, и среднеквадратическое отклонение $\sigma = 4{,}991$ кПа. Коэффициент вариации составил $k_{\text{в}} = 0{,}07$. Полученные результаты позволяют всю выборку с $k_{\text{уд(н)}}$ считать принадлежащей к одному статистическому распределению этих величин – нормальному (Гауссовому), что допускает возможность использовать $k_{\text{уд(н)}} = const$ в расчёте тягового сопротивления рабочего органа камнеуборочной машины при глубине выборки камней до 0,20 *м*.

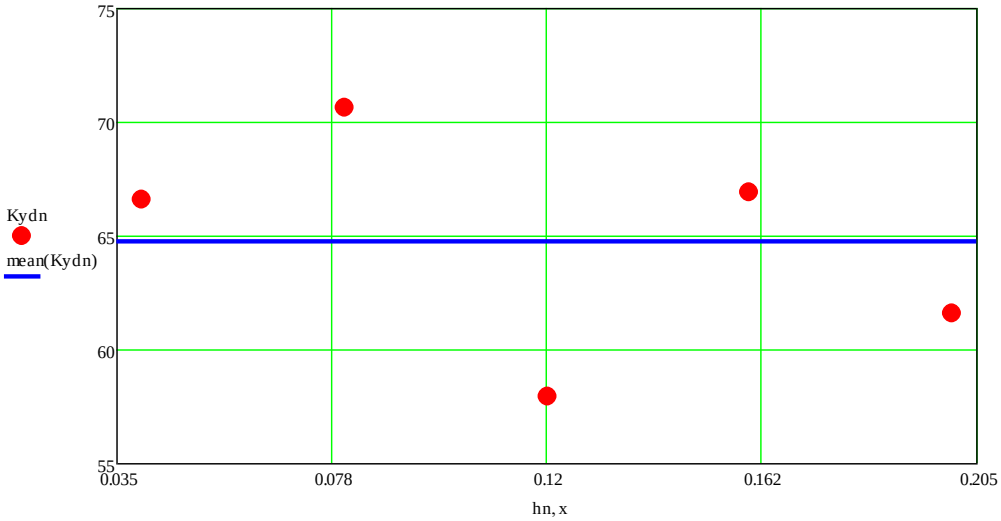

Рисунок 4 – Зависимость коэффициента удельного сопротивления при выборке камней на разных глубинах.

Одной из составных частей тягового сопротивления рассматриваемой машины, является каменистость, P_m. Не изученной, и в то же время актуальной задачей, здесь, является определение составляющей влияния этого параметра на общее тяговое сопротивление. В первом приближении можно предполагать, что этот параметр, P_m, оказывает всплески динамических составляющих колебания на рабочий орган и машину в целом. По результатам экспериментальных данных, имеем следующие значения: $P_{m\text{н}} = (8{,}1512\ 6{,}9486\ 6{,}1502\ 5{,}2484\ 7{,}5508)^{\text{T}}$, на рисунке 5 показана графическая зависимость $F_{\text{н}} = f(P_m)_{\text{н}}$.

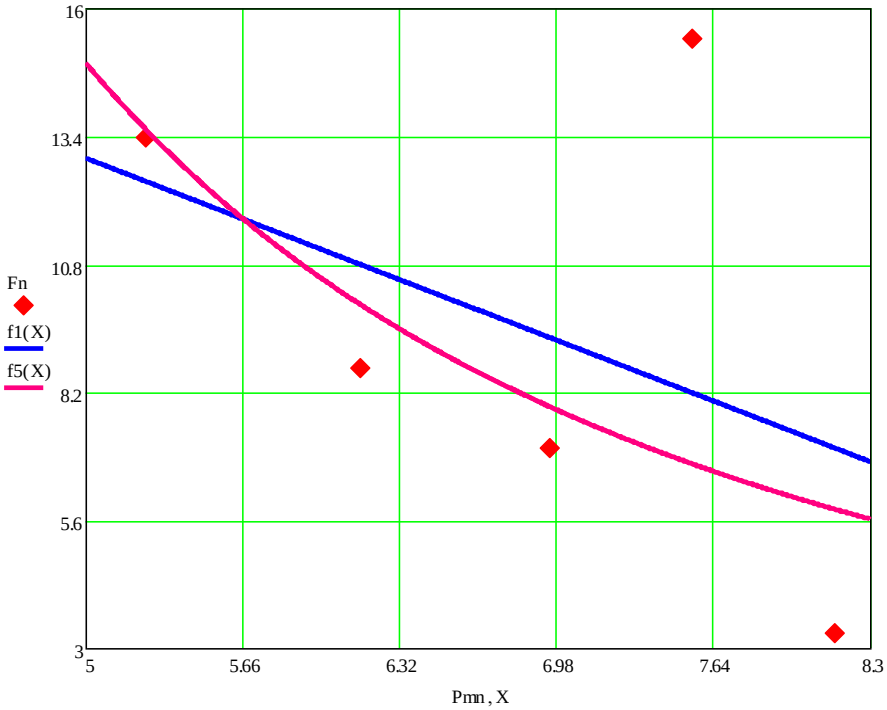

Рисунок 5 – Зависимость общего тягового сопротивления от каменистости.

Опытные точки адекватнее всего описываются линейной и степенной регрессией со следующими численными характеристиками: дисперсией адекватности $DA_{Pm} = 25{,}399$ кН^2 и

корреляционным отношением $\theta_{Pm} = 1{,}344$ – для первой, и, соответственно, $DA_{Pm} = 27{,}821$ кН^2 и $\theta_{Pm} = 1{,}472$ для пятой. На рисунке 6 показана зависимость $k_{\text{уд(н)}} = f(P_m)_{\text{н}}$. Её регрессионный вид описывается полиномиальной функцией с дисперсией адекватности $DA_{Pm} = 7{,}033$ кН^2 и корреляционным отношением $\theta_{Pm} = 0{,}055$.

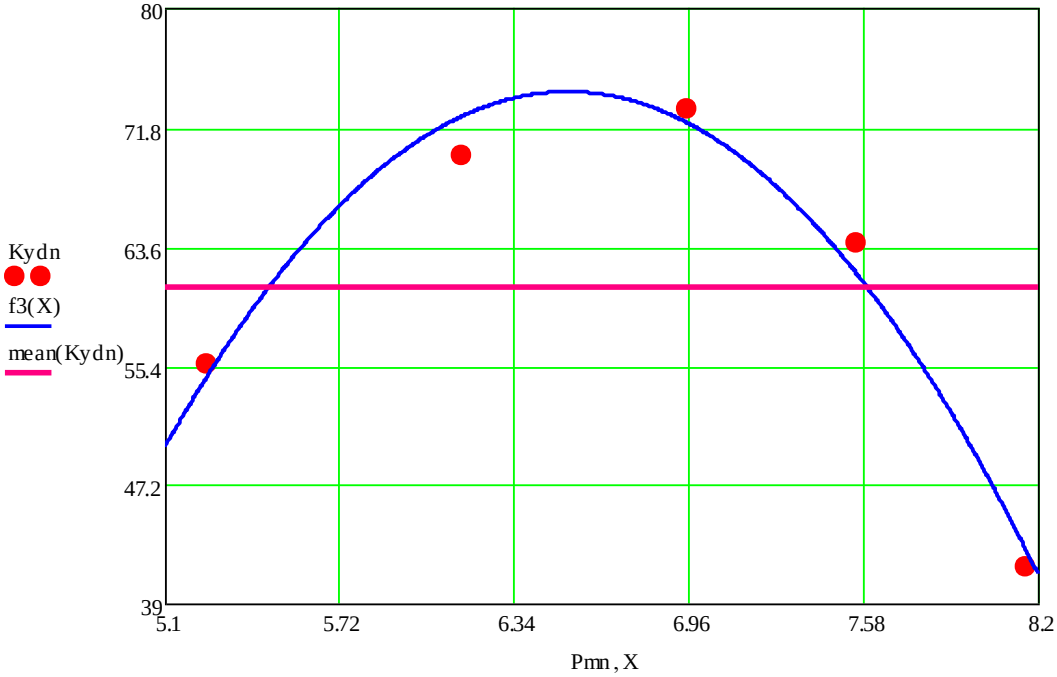

Рисунок 6 – Зависимость коэффициента удельного сопротивления при выборке камней от засоренности поверхности.

Количественные итоги расчёта такой зависимости составляют следующие величины: $m_x = 60{,}802$ кН, $D_x = 159{,}775$ кН^2, $\sigma = 12{,}64$ кН, $k_{\text{в}} = 0{,}208$. По последнему показателю, эту величину в зависимости от каменистости, так же, можно считать, как постоянную для ориентировочных расчётов при глубине выборки камней до 0,2 *м*.

Качество работы мелиоративной машины, в том числе и камнеуборочной, можно определить в общем случае как совокупность свойств, характеризующих успешность выполнения поставленных задач в определённых условиях [4]. К числу таких свойств можно отнести, в первую очередь, полноту выборки камней после прохода камнеуборочной машины. Это свойство можно считать в первом приближении как показатель качества работы такой машины. Количественным критерием может служить коэффициент полноты выборки камней, его значения, полученные экспериментальным путём, представлены следующим вектором: $k_{\psi_{\text{н}}} = (41{,}6\ 73{,}07\ 69{,}94\ 55{,}58\ 63{,}82)^{\text{T}}$, на рисунке 7 дана натурная зависимость $k_{\psi_{\text{н}}} = f(h)_{\text{н}}$.

Как следует из представленного выше вектора и рисунка 7, значения $k_{\psi_{\text{н}}}$ носят случайный характер. Приближенная зависимость, которой можно его описать, является квадратичная парабола со следующими показателями: $DA_{\text{к}\psi\text{н}} = 150{,}877$ кН^2 и корреляционным отношением $\theta_{\text{к}\psi\text{н}} = 1{,}18$.

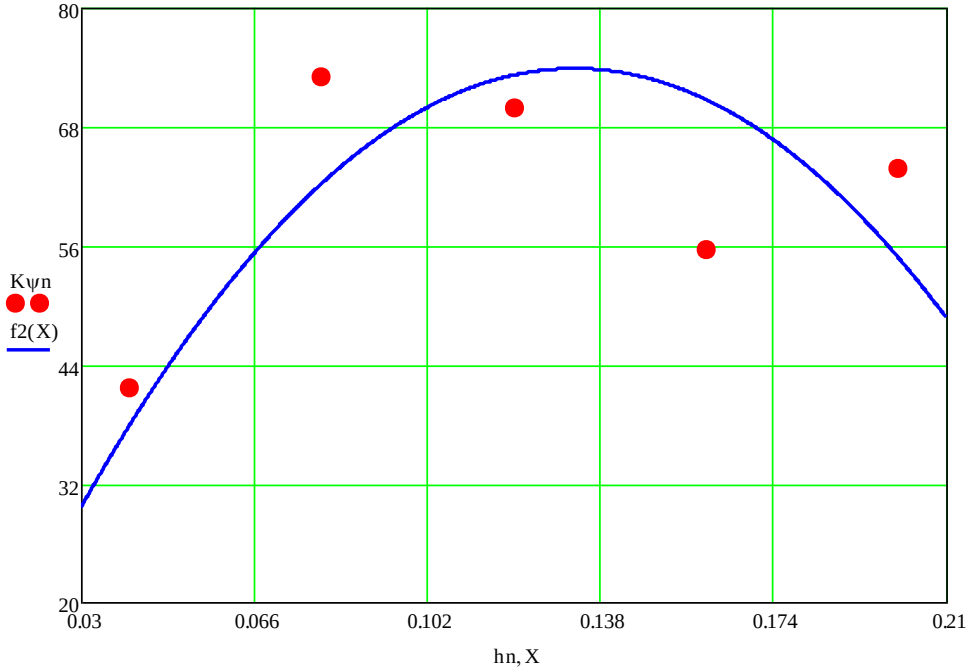

Рисунок 7 – Зависимость коэффициента чистоты выборки камней от глубины обработки.

Выводы. Установлено, что изменение тягового сопротивления рабочего органа камнеуборочной машины от глубины выборки камней лучше всего описывается линейной, квадратичной и степенной зависимостями. Экспериментально определён коэффициент удельного сопротивления для камнеуборочной машины применительно к грунтам второй категории. Его значение можно считать постоянным на рабочих глубинах, применительно к поверхностному слою почвы мелиорированных земель, и с его помощью оценивать возникающие тяговые сопротивления при выполнении технологического процесса. Значения коэффициента чистоты выборки камней на первом этапе можно рассматривать как показатель оценки качества работы машины.

Список литературы

1. Пунинский В. С. Механизация камнеуборочных работ. – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – 144 с.
2. Практикум по мелиоративным машинам / под ред. Ю. Г. Ревина. – М.: Колос, 1995. – 205 с.
3. Насонов С. Ю., Жогин И. М., Пенкин Д. А. Оценка физической модели рабочего органа камнеуборочной машины. // Доклады ТСХА. Вып. 293. Ч.I. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2021. – С. 236-238.
4. Технологические машины и оборудование природообустройства (Основы теории и общий расчёт мелиоративных машин) / под общ. ред. проф. Ю. Г. Ревина. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. – 230 с.

References

1. Puninsky V. S. Mechanization of stone harvesting works. - M.: GNU VNIIGiM, 2008 – - 144 p.
2. Practicum on reclamation machines / edited by Yu. G. Revin. - M.: Kolos, 1995 – - 205 p.
3. Nasonov S. Yu., Zhogin I. M., Penkin D. A. Evaluation of the physical model of the working body of a stone harvesting machine. // Reports of the TLC. Vol. 293. Part I. – M.: publishing house of the Russian state agrarian University-MTAA, 2021. – P. 236-238.

4. Technological machines and equipment, environmental engineering (Fundamentals of theory and calculation of the total reclamation machines) / under the General editorship of Professor Yu. G. Revin. – M.: publishing house of the Russian state agrarian University-MTAA, 2016. – 230 p.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Насонов Сергей Юрьевич – старший преподаватель Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К. А. Тимирязева», Россия, г. Москва, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Nasonov Sergey – senior lecturer of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State Agrarian University-Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev", Moscow, Russia, e-mail: sergei.nasonow@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 07.07.2021 Принята к публикации (Accepted): 13.08.2021

УДК 665.11; 581.5; 504.5
DOI: 10.35887/2305-2538-2021-4-64-73

ХИМИЧЕСКИЙ СТРЕСС СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ И СПОСОБ ЕГО СНИЖЕНИЯ

[1]Романцова Светлана Валерьевна
[1]Гладышева Ирина Владимировна
[1]Вервекина Наталья Владимировна
[2]Нагорнов Станислав Александрович
[2]Ликсутина Анна Павловна
[2]Корнев Алексей Юрьевич

[1]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина»
[2]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. *Одной из задач растениеводства в настоящее время является устранение стрессовых факторов, ухудшающих состояние сельскохозяйственных структур. При действии стрессового фактора снижается скорость фотосинтетических процессов, а значит, и урожайность сельскохозяйственных культур. Исследовано влияние поллютантов отработавших газов автомобильных двигателей на пять видов сельскохозяйственных растений: подсолнечник, соя, овес, горох, пшеница. Установлено, что загрязнение от отработавших газов автомобилей приводит к снижению содержания хлорофилла a (до 40%), хлорофилла b (до 60%) и каротиноидов (до 70%) в сельскохозяйственных растениях, произрастающих в непосредственной близости от автомагистрали по сравнению с участком поля, расположенном на значительном удалении от дороги. Чувствительность фотосинтетического аппарата изученных сельскохозяйственных культур по отношению наиболее высока у подсолнечника и овса. Самой низкой чувствительностью характеризуется соя. Максимальное снижение соотношения хлорофиллов a и b было зарегистрировано для овса, что говорит о его низкой стрессоустойчивости. Наилучший защитный механизм по отношению к воздействию поллютантов отработавших газов наблюдается у сои. Предложено применение биодизельного топлива как способ снижения стрессового воздействия отработавших газов на сельскохозяйственные культуры. Зарегистрировано улучшение экологических показателей работы двигателя трактора МТЗ-80 при его работе на топливной смеси, содержащей 60% (об.) товарного нефтяного дизельного топлива и 40% биодизельного топлива. При использовании топливных композиций дымность*