

## Технология и средства механизации

УДК 502/504:631.3

**Ю. П. ЛЕОНТЬЕВ, А. А. МАКАРОВ**

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Московский государственный университет природообустройства»

### **ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ И ПЛОТНОСТИ ГРУНТА НЕОБРАБАТЫВАЕМОГО ПОЛЯ**

*При неиспользовании сельскохозяйственных полей в течение 2–6 и более лет существенно изменяется рельеф поверхности, поле зарастает сорной травянистой и древесно-кустарниковой растительностью, изменяются физико-механические свойства грунта. Такие поля нуждаются в дополнительных агро-мелиоративных мероприятиях, в том числе в глубоком рыхлении слежавшихся слоев. Деформируемый рельеф такого поля влияет на колебание всей машины и рабочего органа при работе. В результате обследования неиспользованных полей получены данные по состоянию рельефа и плотности почвы в слое до 0,8 м.*

*Необрабатываемое поле, плотность грунта, неоднородность свойств почвы, сельскохозяйственный оборот, глубокое рыхление слежавшихся слоев, комплекс культуртехнических мероприятий.*

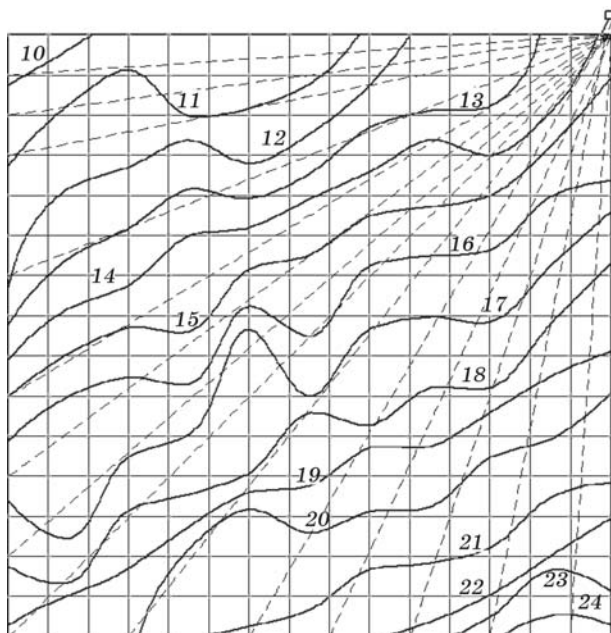
*If agricultural fields are not used during 2-6 and more years the relief of the surface significantly changes, the field is overgrown with weeds and shrubby vegetation, physical and mechanical properties of the ground change. Such fields need additional agro-reclamation measures including deep loosening of packed layers. The deformable relief of such a field influences fluctuations of the whole machine and operating element at work. According to the inspection results of the unused fields there were obtained the data on the relief state and ground density in the layer up to 0.8 m.*

*Uncultivated field, density of ground, heterogeneity of soil properties, agricultural rotation, deep loosening of packed layers, complex of amelioration measures.*

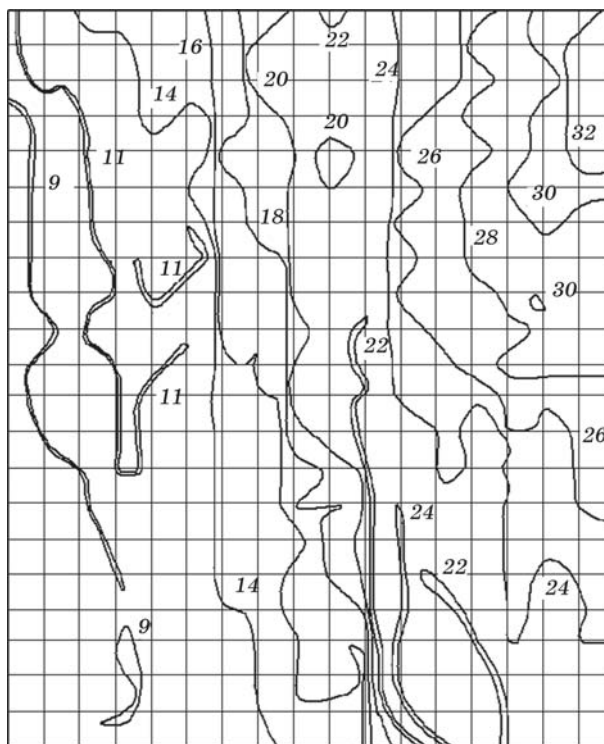
В настоящее время ряд полей, бывших в сельскохозяйственном обороте, находится в заброшенном состоянии. Чтобы вернуть неиспользуемые поля в сельскохозяйственный оборот, необходимо провести комплекс культурно-технических мероприятий: сводить кустарник, выкорчевать деревья, прове-

сти объемное мелиоративное рыхление и выравнивание поля [1].

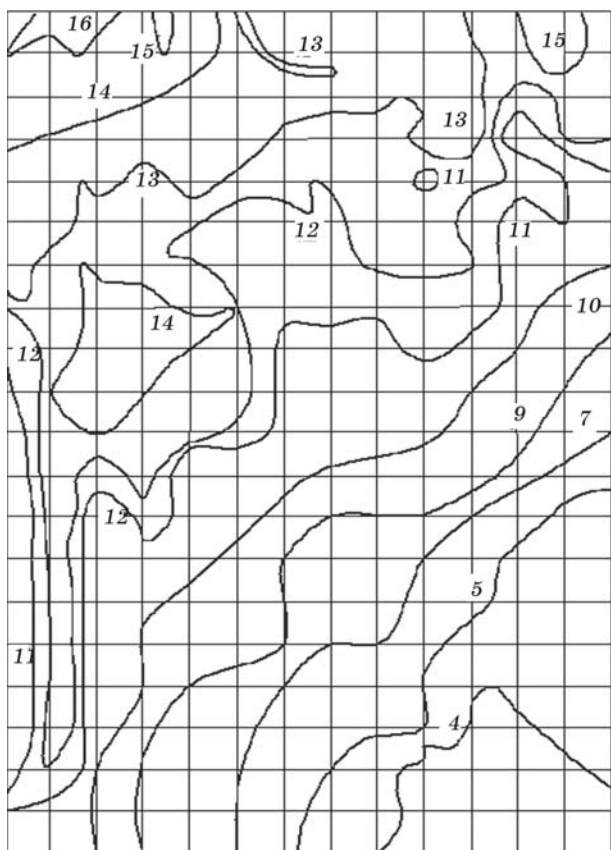
Ранее было установлено, что неоднородность свойств почвы в пределах обрабатываемого поля сказывается на работе тракторного двигателя, устойчивости хода почвообрабатывающей машины и качестве производимой ею работы [2].



а



б



в

Сильно деформируемый рельеф поля приводит к значительным колебаниям базовой машины и рабочего оборудования, что в свою очередь, влияет на равномерность глубины рыхления, загрузку двигателя и расход топлива. С целью оценки рельефа и физико-механических свойств подпахотного слоя необрабатываемых полей было проведено обследование нескольких полей в Тверской области.

Одно из обследуемых полей в Торжокском районе Тверской области не распахивалось для сельскохозяйственных нужд в течение 3–4 лет, в настоящее время используется для выпаса скота (поле 1). Поверхность этого поля заросла различными сорными травами.

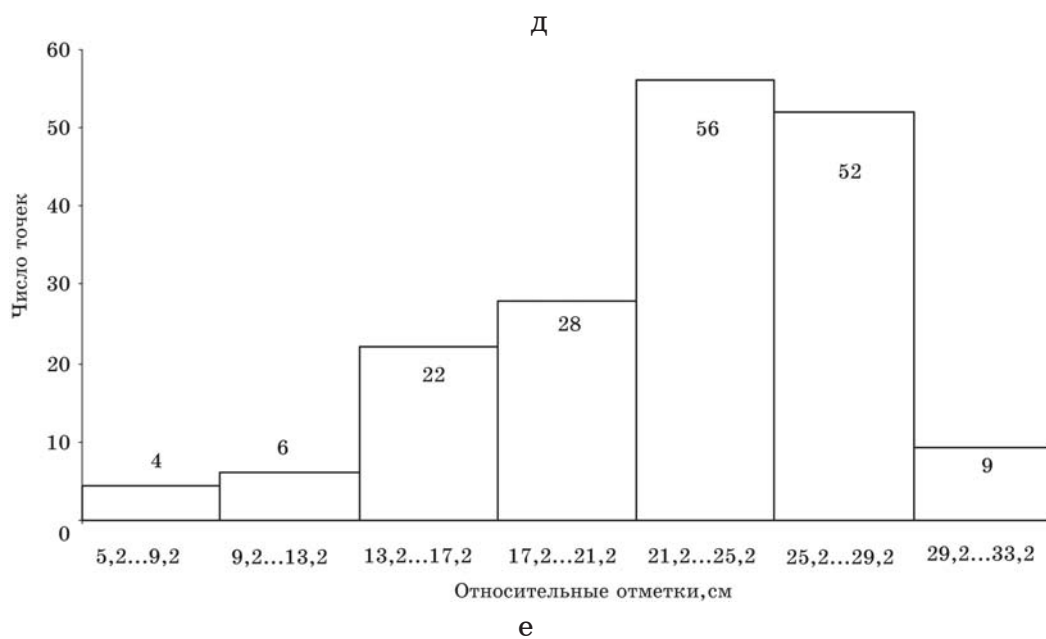
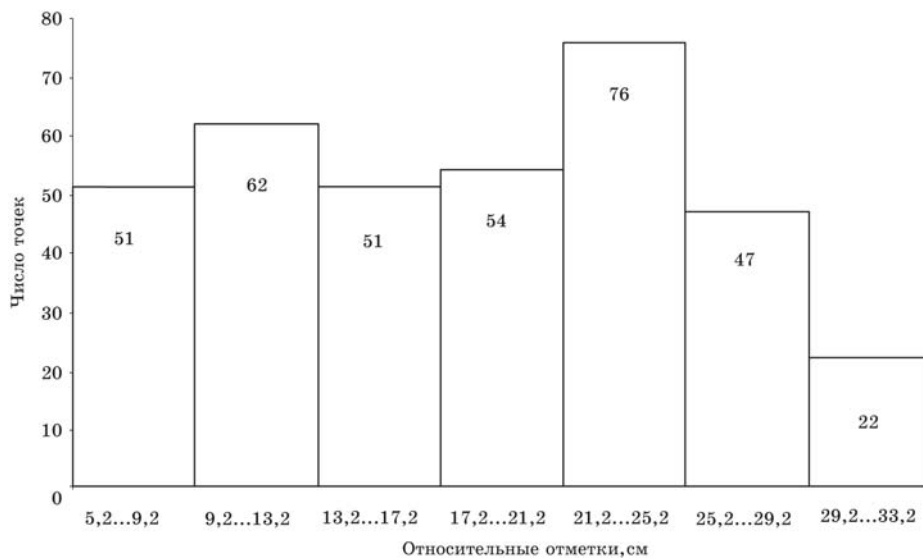
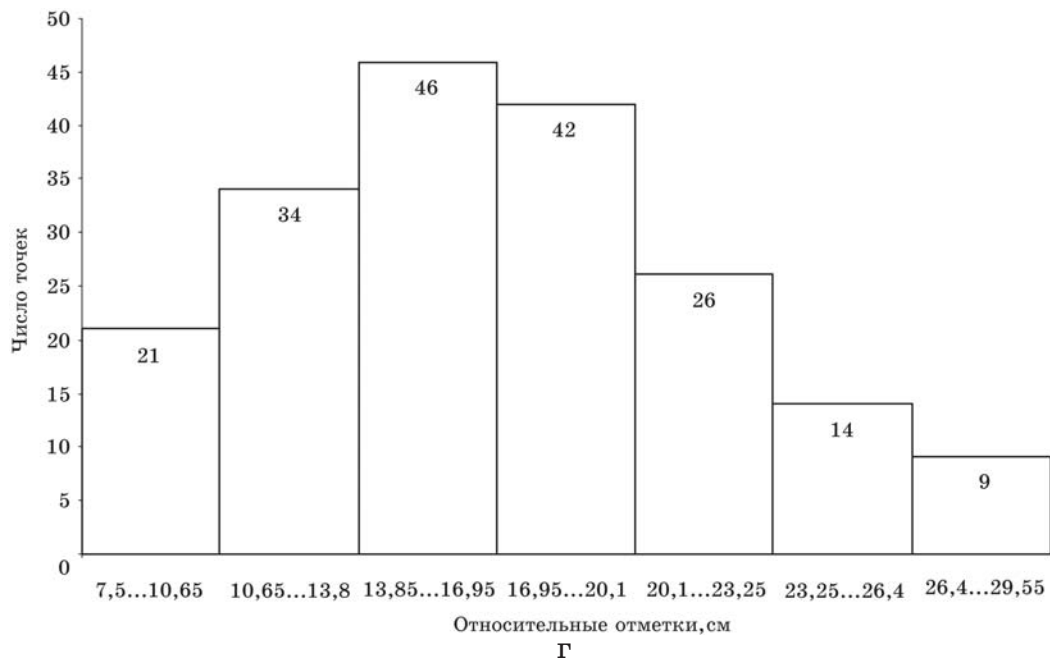


Рис. 1. Рельеф полей: а – поле 1; б – поле 2; в – поле 3. Гистограмма распределения неровностей по высоте: г – к полю 1; д – к полю 2; е – к полю 3

Другое выбранное поле не использовалось для сельскохозяйственных нужд в течение 6–7 лет. Поверхность этого поля заросла березовой порослью в возрасте двух–трех лет (поле 2).

Третье поле находится в заброшенном состоянии в течение 5–6 лет, раньше оно распахивалось, использовалось для выращивания кормовых трав. В данный момент заросло сорной растительностью и зарастает осиновой порослью в возрасте от одного до двух лет (поле 3).

В качестве контрольных были взяты участки площадью в один гектар на каждом из выбранных полей, где производилась геодезическая съемка. С участков, разбитых по квадратам 5х5 м, были сняты отметки. По результатам съемки и обработки измерений были построены изображения рельефа опытных участков (см. рис. 1).

Относительные отметки, зафиксированные в результате съемки, можно рассматривать как случайные массивы

чисел. После их обработки были получены данные по значениям расстояний высотных отметок  $h$  и расстояний между неровностями, в дальнейшем шагом неровностей  $L$ . На поле 1 максимальное значение расстояния  $L_{\max} = 30,133$  м, минимальное  $L_{\min} = 4,3$  м, максимальная возвышенность  $h_{\max} = 0,3$  м, минимальная  $h_{\min} = 0,08$  м; на поле 2 –  $L_{\max} = 77$  м,  $L_{\min} = 2$  м и  $h_{\max} = 0,33$  м,  $h_{\min} = 0,052$  м; на поле 3 –  $L_{\max} = 142,5$  м;  $L_{\min} = 2,6$  м и  $h_{\max} = 0,163$  м,  $h_{\min} = 0,045$  м. В результате обработки опытных данных в виде массива случайных чисел получены статистические характеристики распределения неровностей по полю: математическое ожидание  $m_x$ ; дисперсия  $D_x$ ; коэффициент вариации  $v$  (таблица).

На рис. 1 представлена гистограмма распределения высотных отметок на контрольных участках полей. Распределение показало, что наиболее часто встречаются относительные неровнос-

#### Характеристики неровностей поверхностей полей

Распределение неровностей по высоте		Распределение неровностей по длине	
$m_x = 0,215$ м; $D_x = 0,0026$ м <sup>2</sup> $v = 0,237$	$h_{\min} = 0,08$ м $h_{\max} = 0,3$ м	$m_x = 20,4$ м $D_x = 90,94$ м <sup>2</sup> $v = 0,47$	$L_{\min} = 4,3$ м $L_{\max} = 30,1$ м
$m_x = 0,173$ м, $D_x = 0,005$ м <sup>2</sup> $v = 0,4$	$h_{\min} = 0,052$ м $h_{\max} = 0,33$ м	$m_x = 26,5$ м $D_x = 19$ м <sup>2</sup> $v = 0,164$	$L_{\min} = 2$ м $L_{\max} = 77$ м
$m_x = 0,12$ м; $D_x = 0,005$ м <sup>2</sup> $v = 0,59$	$h_{\min} = 0,045$ м $h_{\max} = 0,163$ м	$m_x = 34,9$ м $D_x = 73,5$ м <sup>2</sup> $v = 0,245$	$L_{\min} = 2,6$ м $L_{\max} = 142,5$ м

ти по высоте от 13 до 20 см на поле 1; от 21,2 до 25,2 см – на поле 2; от 11,3 до 13 см на поле 3.

Характеристики профиля обрабатываемого поля как случайной функции воздействия на агрегат приведены в работе [3]. Отмечено, что воздействие профиля зависит от длины, высоты неровностей и скорости движения агрегата.

Движение мелиоративных машин по неровностям поля с рабочим оборудованием рыхлителя приводит к колебаниям глубины рыхления, что может сказаться на урожайности сельскохозяйственных культур. В настоящее время при определении усилий реза-

ния рабочими органами мелиоративных машин механические свойства грунта в большинстве случаев принимаются одинаковыми на всей глубине взаимодействия их с грунтом, что является существенным упрощением. Очевидно, что при глубине резания и рыхления до 0,8...1,2 м свойства грунта неодинаковые. Исследования твердости почвы путем вдавливания наконечника плотномера проводились П. У. Бахтиным [4]. Изменения усилия вдавливания наконечника в почву исследовались в слое глубиной до 25 см.

С целью получения объективной картины изменения плотности грунта с

увеличением глубины до 0,8 м было проведено исследование его физико-механических свойств. Сложение почвы оказывает большое влияние на сопротивление рыхления, на ее водопроницаемость и в значительной степени на глубину проникновения в нее корней растений. Исследования проводили на тех же участках полей, которые разбивались на квадраты 25х25 м, в каждом квадрате делали ступенчатые шурфы на глубину 20, 35, 50, 65 и 80 см, где определяли плотность и свойства грунта.

Было установлено, что верхний слой глубиной 0,2...0,35 м представляет собой легкий суглинок с растительными включениями – это корнеобитаемый гумусный слой, довольно рыхлый, серый по цвету. Средняя плотность этого слоя на поле 1 составила 1,54 г/см<sup>3</sup>; на поле 2 – 1,59 г/см<sup>3</sup>; на поле 3 – 1,6 г/см<sup>3</sup>. Далее постепенно начинает преобладать более плотный суглинок без растительных включений, светлее по цвету, на глубине 0,35...0,5 м плотность возрастает до 1,78 г/см<sup>3</sup>. На глубине 0,5...0,65 м структура становится более плотной, оранжево-коричневой по цвету, состоит из глины и камней размером 35х70 мм, 50х70 мм плотностью до 1,8 г/см<sup>3</sup>. На глубине 0,65...0,8 м грунт представляет собой однородную

глину плотностью до 1,96 г/см<sup>3</sup> с включениями камней. Изменение среднего значения плотности грунта в зависимости от глубины показано на рис. 2.

Из графика на рис. 2 видно, что с изменением глубины плотность грунта возрастает. На глубине 0,35...0,65 м свойства грунта более однородные, на глубине от 0,65 до 0,8 м грунт уплотняется более интенсивно.

Для оценки разброса данных измерения плотности грунта были определены значения дисперсии и коэффициента вариации. На рис. 3 приведены графики зависимости дисперсии и коэффициента вариации для плотностей от глубины. Можно сказать, что особенно значительный разброс случайных величин наблюдается на глубинах от 20 до 35 см и от 65 до 80 см.

При расчете тягового усилия объемных рыхлителей принимать удельное сопротивление резанию грунта постоянной величиной представляется существенной погрешностью. На основании полученных результатов по исследованию плотности почвы необрабатываемых полей при расчете тягового усилия рекомендуется выделить три характерные зоны: верхняя – слой почвы глубиной до 0,25 м со средней плотностью 1,57 г/см<sup>3</sup>; средняя – переходная зона от

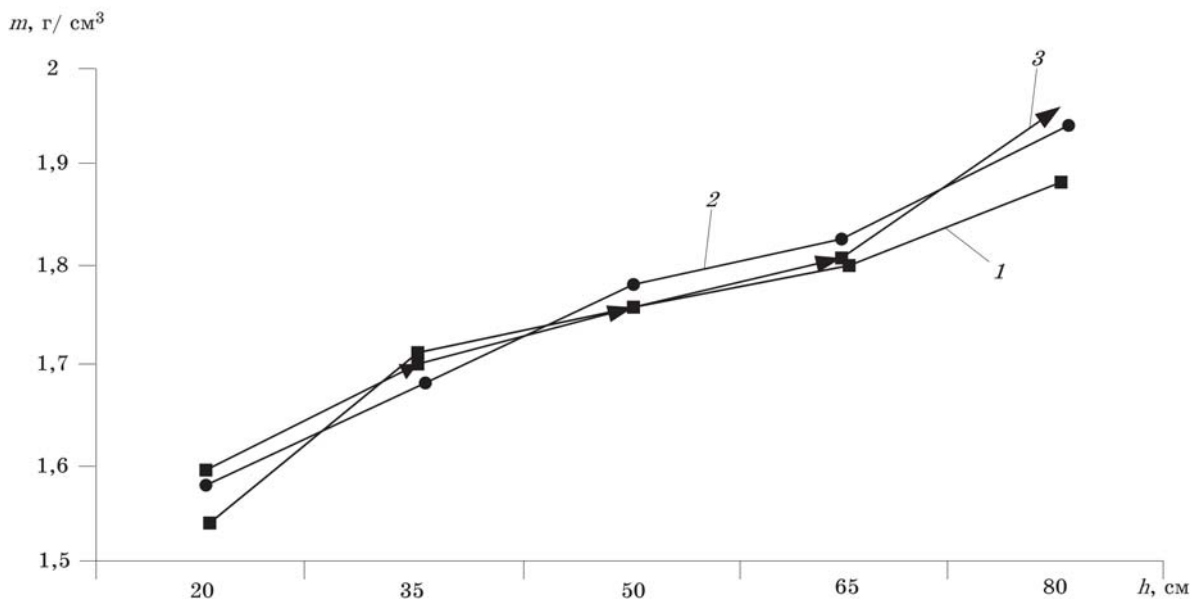


Рис. 2. Зависимость средних значений плотности грунта  $m$  от глубины, поле: 1 – поле 1; 2 – поле 2; 3 – поле 3

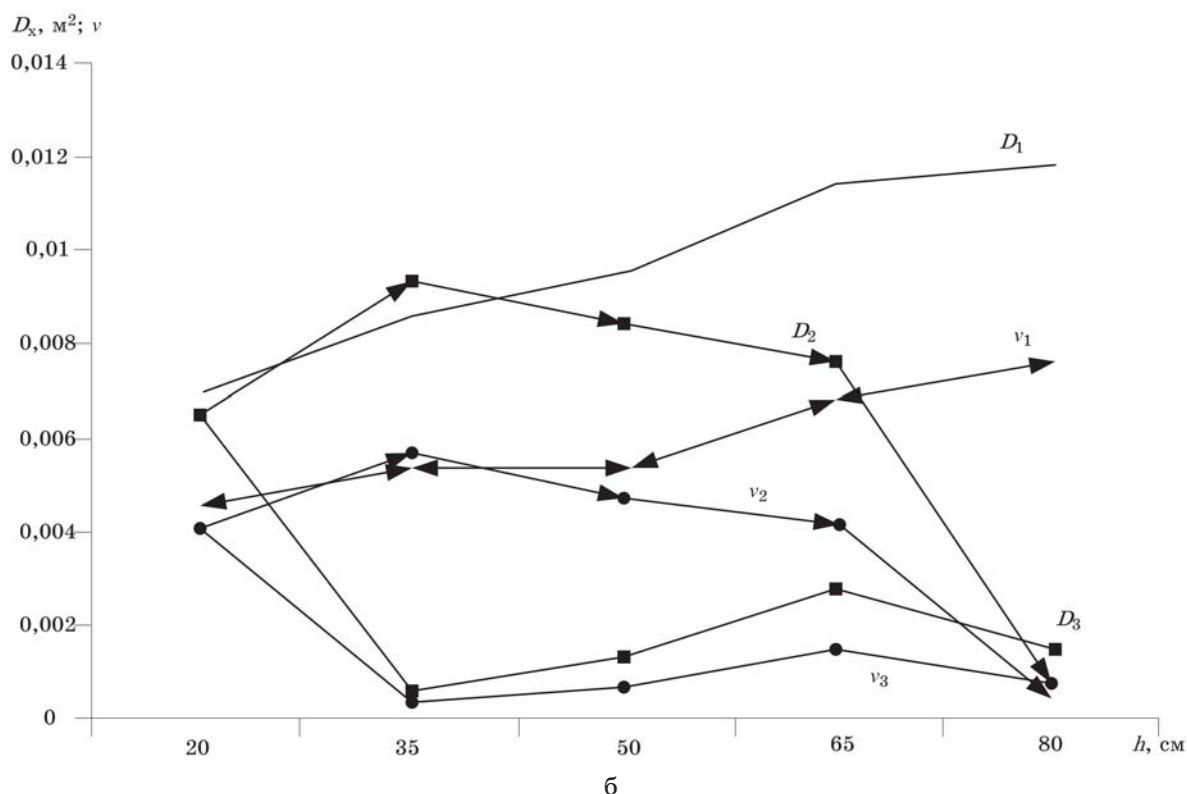


Рис. 3. Зависимость дисперсий  $D_x$  и коэффициента вариации  $v$  плотности грунта от глубины:  $D_1, v_1$  – поле 1;  $D_2, v_2$  – поле 2;  $D_3, v_3$  – поле 3

плодородного гумусного слоя к грунтам ненарушенной структуры – глинистому слою глубиной от 0,3 до 0,5 м плотностью от 1,6 до 1,77 г/см<sup>3</sup>; нижняя – слой с наибольшей плотностью 1,8...1,96 г/см<sup>3</sup> – на глубине от 0,65 м и ниже.

Полученные характеристики поверхности поля дают возможность оценить колебания базовой машины – трактора с навесным рыхлителем, степень его влияния на неравномерность глубины рыхления, загрузку двигателя и расход топлива.

Результаты измерений плотности на разной глубине дают возможность разработать метод расчета усилия резания, принимая плотность грунта как функцию зависимости от глубины.

#### Выводы

Для возвращения в сельскохозяйственный оборот неиспользуемых в течение длительного времени полей необходимо провести ряд культуртехнических мероприятий, очень значимым из которых является объемное мелиоративное глубокое рыхление.

Характеристики поверхности поля по высоте и длине позволяют оценить

колебания и неравномерность глубины рыхления мелиоративного рыхлителя с навесным рабочим органом.

Значения плотности грунта с увеличением глубины до 0,8 м меняются в диапазоне от 1,54 до 1,96 г/см<sup>3</sup>. При расчете тягового усилия мелиоративного рыхлителя рекомендуется учитывать данный диапазон плотностей в трех характерных зонах до максимальной глубины рыхления.

Для получения более достоверных данных по рельефу и свойствам грунта неиспользуемых полей следует продолжить обследование данных полей.

#### Список литературы

1. Кизяев, Б. М. Культуртехнические мелиорации: технологии и машины [Текст] / Б. М. Кизяев, З. М. Маммаев. – М. : Изд-во «Ассоциация ЭкоТ», 2003. – 399 с.
2. Синеоков, Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин [Текст] / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М. : Машиностроение, 1977. – 328 с.
3. Лурье, А. Б. Динамика регулирования навесных сельскохозяйственных агрегатов [Текст] / А. Б. Лурье. – Л. :

Машиностроение, 1969 г. – 288 с.

4. **Бахтин, П. У.** Динамика физико-механических свойств почв в связи с вопросами их обработки [Текст] / П. У. Бахтин // Труды почвенного института им. В. В. Докучаева. – М. : Изд-во АН СССР, 1954. – С. 43–215.

Материал поступил в редакцию 25.05.09.

**Леонтьев Юрий Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мелиоративные и строительные машины»

Тел. 8 (495) 976-20-23

**Макаров Александр Александрович**, аспирант

Тел. 8 (499) 900-60-26

УДК 502/504 : 631.3

**В. Е. ХАРЛАМОВ, К. С. КРЫЛОВ, И. К. МОРОЗИХИНА**

Тверской государственной технической университет

## НАГРУЖЕННОСТЬ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА МАШИНЫ МТП-44

*Характер работы машины МТП-44 при фрезеровании пнистой залежи обуславливает нестационарный характер изменения крутящего момента на приводном валу механизма и частоту вращения вала. Анализ нагруженности элементов машины МТП-44 позволяет обосновать нагрузочный режим стендовых испытаний механизма.*

*Торфяная залежь, распределение амплитуд крутящих моментов, беспнистая и пнистая залежи, фрезерование, нагруженный приводной вал машины.*

*The operation character of the machine MTP-44 at milling of the stump deposit causes a non-stationary character of the torque moment change on the drive shaft of the mechanism and frequency of the shaft rotation. The analysis of the elements loading of the machine MTP-44 allows justifying a loading regime of the mechanism bench tests.*

*Peat deposit, distribution of amplitudes of torque moments, stump-free and stump deposits, milling, loaded drive shaft of the machine.*

Экспериментальные исследования с целью получения данных с действительной нагруженности механизма привода машины МТП-44 проводились в характерных производственных условиях на торфопредприятиях Тверской области.

Эксперименты осуществлялись как на эксплуатационных, так и на опытных участках. Выбранные участки имели различные качественные характеристики торфяной залежи. Одна из характеристик залежи представлена в табл. 1.

Для характеристики нагрузочного режима механизма привода машины

МТП-44 крутящие моменты на приводном валу и частоту вращения приводного вала измеряли методом тензометрирования. Аппаратура была установлена на тракторе ДТ-75Б. При проведении опытов трактор с аппаратурой передвигался параллельно машинно-тракторному агрегату, состоящему из трактора Т-170 и машины МТП-44.

Схема опытного участка поля представлена на рис. 1.

В результате обработки полученных осциллограмм определяли эмпирические