

Наиболее однородные размеры агрегатов были получены для модели с параболической формой боковых стоек.

Тяговое усилие для U-образного рабочего получилось больше, чем для V-образного, в 1,5 раза, параболического по сравнению с V-образным – меньше в 0,95 раза.

На основании полученных результатов параболическую форму боковых стоек рабочего органа при проектировании рыхлителей можно рекомендовать как наиболее рациональную.

1. **Русанов В. А.** Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения. – М.: ВИМ, 1998. – 368 с.

2. Депрессия урожая сельскохозяйственных культур при уплотнении почвы и приемы ее снижения / А. И. Пупонин [и др.]; Сб. науч. трудов ВИМ. – Т. 118. – С. 75–86.

3. Деформация дерново-подзолистой почвы ходовыми системами тракторов и урожаи / А. И. Пупонин [и др.] // Земледелие. – 1981. – № 6. – С. 22–24.

4. **Алексеева Ю. С., Снигирева А. В.** Глубокая обработка почвы и урожай. – Л.: Лениздат, 1984. – 69 с.

5. **Пупонин А. И.** Обработка почвы в интенсивном земледелии Нечерноземной зоны. – Колос, 1984. – С. 70–76.

6. **Лиманский Е. Н.** Мелиоративные рыхлители и орудия для безотвальной обработки почвы // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 12. – С. 28–32.

7. **Вериго Л. А., Разумова Л. А.** Почвенная влага и ее значение в сельскохозяйственном производстве. – Л.: Гидрометеоздат, 1963. – 289 с.

8. **Леонтьев Ю. П., Макаров А. А.** Оценка состояния поверхности и плотности грунта необрабатываемого поля // Природообустройство. – 2009. – № 4. – С. 89–95.

9. **Казаков В. С.** Глубокие объемные рыхлители почв // Гидротехника и мелиорация. – 1982. – № 9. – С. 40–44.

10. Рыхлитель почвы: авт. свид. № 704448 / Б. В. Дзюбенко [и др.]; заявл. 16.06.1978; опубл. 25.12.1979. – Бюл. № 47. – 1979. – 3 с.

11. Рабочий орган рыхлителя почвы: авт. свид. № 1724036. В. С. Казаков [и др.]; заявл. 15.01.1990; опубл. 07.04.1992. – Бюл. № 13. – 1992. – 4 с.

12. Орудие для глубокой обработки почвы: патент РФ № 2116011 / А. В. Колганов [и др.]; заявл. 29.05.1997; опубл. 27.07.1998. – Бюл. № 21. – 1998. – 4 с.

13. **Леонтьев Ю. П., Макаров А. А.** Влияние параметров мелиоративного рыхлителя на рабочий процесс // Природообустройство. – 2013. – № 2. – С. 97–101.

Материал поступил в редакцию 20.05.13.

Леонтьев Юрий Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Мелиоративные и строительные машины» Тел. 8 (499) 976-45-13

Макаров Александр Алексеевич, аспирант Тел. 8 (499) 900-60-26

УДК 502/504:631.311.5

Ю. П. ЛЕОНТЬЕВ, С. Ю. НАСОНОВ

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КОПАНИЯ ГРУНТА КОСО ПОСТАВЛЕННЫМ ОТВАЛЬНЫМ И ДВУХОТВАЛЬНЫМ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

В статье рассмотрены косо поставленный отвальный и двухотвальный рабочие органы при копании грунта. Даны результаты проведенных экспериментальных исследований.

Косо поставленный отвальный рабочий орган, двухотвальный рабочий орган, тяговые сопротивления.

The article considers skewed moldboard and double-moldboard operating parts under soil digging. There are given results of the carried out experimental researches.

Skewed moldboard operating part, double-moldboard operating part, traction resistances.

Отвальные землеройные рабочие органы широко применяются в строительных, дорожных и мелиоративных машинах. Наиболее частое распространение такие рабочие органы получили в конструкциях бульдозеров, прицепных грейдеров, автогрейдеров, одноотвальных снегоочистителей, кавальероразравнивателей, откосопланировщиков, многоотвальных планировщиков-выравнивателей. Рабочие органы этих машин при выполнении технологических процессов имеют угол захвата менее 90° , что позволяет называть их косо поставленными отвалами.

Двухотвальные рабочие органы в мелиоративных, строительно-дорожных и других машинах применяются нечасто. В качестве примера можно назвать такие машины, как двухотвальные плужные снегоочистители и путепрокладчики. Следует отметить и появление сравнительно новой землеройно-мелиоративной машины – клин-планировщика, имеющего двухотвальный рабочий орган. Такие машины эксплуатируются в условиях орошаемого земледелия, преимущественно при планировке рисовых чеков [1]. На рис. 1 показан общий вид клин-планировщика.



Рис. 1. Общий вид клин-планировщика

К сожалению, методы определения тяговых сопротивлений в технической литературе для двухотвальных рабочих органов практически отсутствуют. Наиболее изучены вопросы, касающиеся теории отвальных рабочих органов. В работах А. Н. Зеленина, Ю. А. Ветрова, В. И. Баловнева, Н. Г. Домбровского, М. И. Гальперина, И. Е. Фрейнкмана, В. К. Ильгиниса, И. А. Недорезова, Т. В. Алексеевой и других отечественных ученых подробно освещены вопросы определения тяговых

сопротивлений землеройно-транспортных машин при разработке грунта, в частности универсальных бульдозеров, прицепных грейдеров, автогрейдеров [2–5].

Расчеты тяговых сопротивлений кавальероразравнивателей, откосопланировщиков, ковшовых длиннобазовых планировщиков, многоотвальных планировщиков-выравнивателей изложены в работе И. И. Мера [6].

Авторами статьи проведена проверка возможности определения тягового сопротивления для двухотвального рабочего органа с использованием теоретических положений при определении процесса копания грунта отвальными рабочими органами. Предполагалось, что сопротивление копанию двухотвальным рабочим органом приближенно можно определить как удвоенное значение для косо поставленного отвала.

Экспериментальные исследования проводили на грунтовом канале в лаборатории мелиоративных машин ФГБОУ ВПО МГУП с двумя моделями: косо поставленным отвалом и двухотвальным рабочим органом. Масштаб моделей составил 1:8 (величина определена в соответствии с теорией приближенного физического моделирования). Модель косо поставленного отвального рабочего органа изготовлена полусимметричной, с одинаковыми параметрами одной половины двухотвального рабочего органа: длиной и высотой отвала, углом захвата, радиусом кривизны.

Грунтовый канал представляет собой металлическую емкость прямоугольного сечения, заполненную грунтом. В верхней части емкости установлена рама (из углового прокатного профиля), обеспечивающая жесткость конструкции и являющаяся направляющей для передвижной тензометрической тележки. На этой тележке установлена направляющая, внутри которой расположена вертикальная перемещающаяся стойка, нижняя часть которой оканчивается горизонтальной пластиной. К этой пластине болтами прикреплялись исследуемые модели. Перемещением стойки в направляющей изменяется глубина резания при одном и том же уровне грунта в канале. Передвижение тележки осуществлялось от лебедки с электроприводом и системы канатно-блочного оборудования.

Исследования проводили последовательно в виде двух серий опытов с моделями косо поставленного отвального и двухотвального рабочих органов. На рис. 2. представлены исследуемые модели.



а



б

Рис. 2. Исследуемые типы пассивных рабочих органов: а – косо поставленный отвальный; б – двухотвальный

Тяговые сопротивления измеряли с помощью кварцевых тензодатчиков, установленных на тележке. Электрический сигнал с тензодатчиков поступал на индикаторные преобразователи, последующие сигналы с которых в аналоговом виде поступали на компьютер, где преобразовывались по специальной программе и записывались на жестком диске.

Подготовка экспериментов заключалась в следующем: перед каждым опытом грунт (тип – легкий суглинок) перекапывали на глубину 18...20 см, разравнивали и уплотняли. Плотность грунта при проведении опытов составляла 4,0 удара ударника ДорНИИ, влажность – 9,0...10,0 %, глубина резания – 3,0 см. Затем проводили эксперимент, значения тягового сопротивления записывали с помощью компьютера.

Обработку полученных записей обеспечивали методами теории вероятностей и математической статистики с применением программы MathCAD. Обработку записей осуществляли в следующем порядке. Вначале на аналоговой записи выделяли установившийся (стационарный) режим. Далее (в среде самой программы) анализировали набор конкретных значений тягового сопротивления (соответствующий выделенному стационарному режиму). В итоге оценивали средние значения тягового сопротивления (в пересчете на натуральную величину) и значения их дисперсий.

На рисунке 3 в качестве примера показана анализируемая реализация тягового сопротивления при работе косо поставленного отвального рабочего органа. В табл. 1 представлены полученные опытные данные.

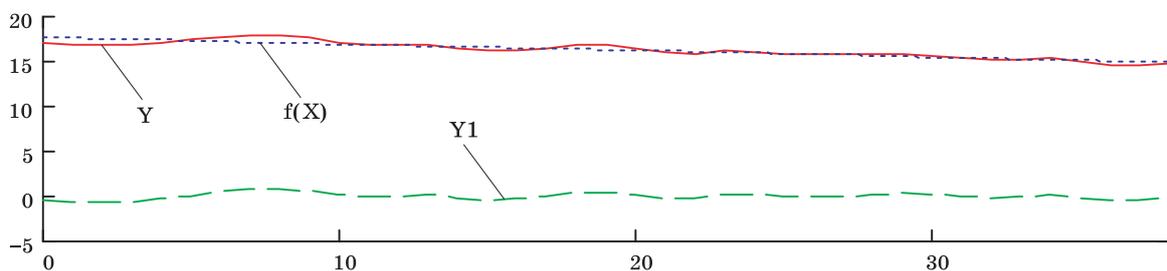


Рис. 3. Фрагмент оцифрованной реализации тягового сопротивления для косо поставленного отвального рабочего органа: по оси абсцисс – длина записи, см, по оси ординат – тяговое сопротивление, кН

Таблица 1

Выборка результатов экспериментов с косо поставленным отвальным рабочим органом

№ опыта	Значение тягового сопротивления R , кН	Дисперсия тягового сопротивления D , кН ²
1	14,37	2,44
2	16,88	2,03
3	17,47	2,09
Среднее значение	16,24	2,18

С моделью двухотвального рабочего органа были проведены аналогичные опыты при одинаковых условиях и осу-

ществлена обработка в той же последовательности, как и для косо поставленного отвального рабочего органа (табл. 2).

Таблица 2

Выборка результатов экспериментов с двухотвальным рабочим органом

№ опыта	Значение тягового сопротивления R , кН	Дисперсия тягового сопротивления D , кН ²
1	24,93	7,40
2	26,31	6,61
3	28,01	4,13
Среднее значение	26,41	6,04

При сравнительном анализе полученных результатов тяговых сопротивлений (приведенных в табл. 1 и 2) установлено, что среднее значение сопротивлений для косо поставленного отвального рабочего органа равно 16,24 кН (дисперсия $D = 2,18$ кН²), для двухотвального рабочего органа – 26,41 кН (дисперсия $D = 6,04$ кН²).

Выводы

Таким образом, тяговое сопротивление у двухотвального рабочего органа примерно в 1,62 раза меньше, чем удвоенное значение сопротивления для косо поставленного отвала.

Результаты проведенных экспериментальных исследований моделей показали, что использовать известные методики определения тяговых сопротивлений для строительно-дорожных машин (например, универсальных бульдозеров и автогрейдеров) применительно к клин-планировщику возможно с учетом поправочного коэффициента, ориентировочное значение которого можно рекомендовать равным 1,55...1,65.

Суммарное тяговое сопротивление для двухотвального рабочего органа (ДРО) клин-планировщика в первом приближении можно определить по следующей формуле, кН:

$$F_{\text{ДРО}} = \frac{2 \sum F_{\text{отв.}}}{K_{\text{п}}},$$

где $\sum F_{\text{отв.}}$ – суммарное тяговое сопротивление копания косо поставленным отвальным рабочим органом, кН (можно определить по методикам, рекомендуемым источниками [2–5]); $K_{\text{п}}$ – эмпирический поправочный коэффициент, равный 1,62.

1. **Ефремов А. Н.** Планировщики полей с лазерным управлением. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2007. – 56 с.

2. **Зеленин А. Н., Баловнев В. И., Керов И. П.** Машины для земляных работ. – М.: Машиностроение, 1975. – 422 с.

3. **Ветров Ю. А.** Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 360 с.

4. Дорожные машины. Машины для земляных работ / Т. В. Алексеева [и др.]. – М.: Машиностроение, 1972. – Ч. I. – 504 с.

5. **Фрейнкман И. Е., Ильгисонис В. К.** Землеройные машины. – Л.: Машиностроение, 1972. – 320 с.

6. Мелиоративные машины; под ред. И. И. Мера. – М.: Колос, 1980. – 351 с.

Материал поступил в редакцию 11.04.13.
Леонтьев Юрий Петрович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Мелиоративные и строительные машины»
Тел. 8-499-976-20-23

Насонов Сергей Юрьевич, аспирант
Тел. 8-499-976-21-15

E-mail: serj.nasonow@yandex.ru