

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

А.С. Добышев, докт. техн. наук, профессор, Ф.Ф. Зубиков, аспирант (УО ВГСХА)

Аннотация

Представлены экспериментальные исследования опытного образца вертикально-роторной бороны, оборудованной эллиптическими рабочими органами. Получены данные при сплошном и раздельном фрезеровании почвы, а также теоретические расчеты мощности, потребляемой агрегатом.

Введение

Из почвообрабатывающих фрез существующих конструкций наибольшее распространение получили фрезы с горизонтальной осью вращения, обеспечивающие необходимое крошение и перемешивание почвы. Но исследования показали, что вертикальная фреза по сравнению с горизонтальной имеет преимущества: большая глубина обработки почвы и меньшая материалоемкость [1].

В настоящее время не хватает ни теоретических, ни экспериментальных данных для расчёта мощности, затрачиваемой на фрезерование одной вертикальной фрезой. В статье аналитически определяется мощность на фрезерование и анализируются результаты экспериментальных исследований вертикальной фрезы с эллиптическими рабочими органами.

Основная часть

Мощность, затрачиваемую на фрезерование одной вертикальной фрезой, находим по формуле [2]:

$$N_1 = \frac{Anz}{60 \cdot 75}, \quad (1)$$

где z – число ножей фрезы, шт.;

n – скорость вращения, об/мин;

A – работа одного ножа, Дж.

Работа одного ножа, затрачиваемая на резание пласта, может быть определена по следующей формуле [3]:

$$A = \int_0^{d_k} P dl, \quad (2)$$

где P – сопротивление резанию одного ножа, кН.

Пределы интегрирования определяются углами, соответствующими крайним точкам почвенной стружки, т. е. нулю и углу контакта α_k :

$$dl = \sqrt{dx^2 + dy^2}.$$

Подставив значения dx и dy , полученные по уравнениям, и выполнив преобразования, получим:

$$dl = \sqrt{(\omega R)^2 + v_n^2 \pm 2v_n \omega R \cos \omega t} dt.$$

Сделаем следующие замены: $v_{окр} = \omega R$; $\alpha = \omega t$; тогда

$$l = \frac{R}{v_{окр}} \alpha; \quad dt = \frac{R}{v_{окр}} d\alpha.$$

После этой замены предыдущее уравнение примет вид:

$$dl = \frac{R}{v_{окр}} \sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha} d\alpha.$$

Подставив в уравнение (2) значения P и dl , получим:

$$A = (pa + k'\delta) s \frac{R}{v_{окр}} \int_0^{\pi} \sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha} \sin \alpha d\alpha.$$

Для решения интеграла обозначим: $v_{окр}^2 + v_n^2 = a_1$; $\pm 2v_{окр} v_n = b_1$;

$$\cos \alpha = x; \quad d(\cos \alpha) = -\sin \alpha d\alpha = dx.$$

После подстановки и преобразования интеграл примет вид:

$$\int_0^{\pi} \sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha} \sin \alpha d\alpha = - \int_0^{\pi} \sqrt{a_1 + b_1 x} dx.$$

Табличное значение интеграла:

$$- \int \sqrt{a_1 + b_1 x} dx = \frac{2}{3b_1} (\sqrt{a_1 + b_1 x})^3 + c.$$

После подстановки значений a_1 , b_1 и x получим:

$$\int_0^{\pi} \frac{\sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha} \sin \alpha d\alpha = \int_0^{\pi} \frac{(v_{окр} \pm v_n)^3 - (\sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha_k})^3}{\pm 3v_{окр} v_n} d\alpha.$$

Тогда

$$A = \frac{sR(pa + k'\delta)}{3v_{окр} v_n} \left[\frac{\pm (v_{окр} \pm v_n)^3 \pm (\sqrt{v_{окр}^2 + v_n^2 \pm 2v_{окр} v_n \cos \alpha_k})^3}{\pm 3v_{окр} v_n} \right].$$

С некоторыми допущениями, приемлемыми для практических расчётов, значение A может быть определено по упрощённой формуле:

$$A = (pa + k'\delta)sR \left(2 + \frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2} \right).$$

Ножи вертикальной фрезы в процессе полного оборота находятся в заглубленном состоянии. Поэтому, кроме резания по лобовой поверхности, затрачивается работа на перемещение ножа в рыхлой почве на пути, равном, примерно, половине оборота фрезы. Усилие на перемещение ножа в разрыхлённой среде может быть принято равным:

$$P'_p = p's'a,$$

где $p' = (0,4 \div 0,6)p$.

Работу, затрачиваемую на перемещение ножа в рыхлой почве, определим по формуле:

$$A' = p'asR \left(2 + \frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2} \right).$$

Соответственно полная работа одного ножа при $p' = \frac{p}{2}$ будет равна:

$$A = (1,5pa + k'\delta)sR \left(2 + \frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2} \right). \quad (3)$$

Подставив в уравнение (1) значение A из уравнения (3), после определения интеграла, получим:

$$N_1 = \frac{(1,5pa + k'\delta)sRnz}{60 \cdot 75} \left(2 + \frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2} \right),$$

где v_n – поступательная скорость агрегата, м/с;
 $v_{окр}$ – окружная скорость фрезы, м/с;
 p – среднее удельное сопротивление почвы резанию, кН/м;
 a – глубина фрезерования, мм;
 k' – удельное сопротивление резанию эллиптическим ножом, кН/м;
 δ – толщина ножа, мм;
 s – подача на нож, мм;

R – радиус ротора, мм.

Подставляя $v_n = \frac{szn}{60}$, получим:

$$N_1 = \frac{2(1,5pa + k'\delta)Rv_n}{75} \left(2 + \frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2} \right). \quad (4)$$

Исходя из реальных значений v_n и $v_{окр}$ величина $\frac{2v_n^2}{3v_{окр}^2}$

будет существенно мала, в сравнении с другими величинами выражения (4). Соответственно, можно пренебречь данным выражением для приближённых расчётов [4]. Тогда получим:

$$N_1 = \frac{4(1,5pa + k'\delta)Rv_n}{75}.$$

Полную мощность, потребную при работе вертикальной фрезы, определим из выражения [5]:

$$N = N_1m + N_1m(1 - \eta) + N_u,$$

где N_1 – мощность, затрачиваемая на фрезерование, кВт;

N_u – мощность, затрачиваемая на передвижение фрезы, кВт;

η – к. п. д. передачи от трактора к фрезе;

m – количество вертикальных фрез в машине, шт.

Соответственно, мощность, используемая на перемещение машины, будет равна [6]:

$$N_u = \frac{v_n Q_m f}{75},$$

где Q_m – вес машины, кН;

f – сопротивление перекатыванию колёс.

Нами проведены экспериментальные исследования опытного образца вертикально-роторной бороны, оборудованной эллиптическими рабочими органами. Данные получены при сплошном и раздельном фрезеровании почвы [7]. Раздельное фрезерование проводилось определёнными роторами, расположенными по следу возможного движения сошника пропашной селялки (около 70 см друг от друга), с шириной фрезеруемой канавки 25–30, остальная площадь не обрабатывалась. В качестве опытного образца

1. Данные испытаний вертикально-роторной бороны

Показатели	Данные опытов			
	Сплошное фрезерование на глубину 6,45 см			
Скорость движения V , км/ч	3,49	4,2	5,4	6,32
Расход топлива G , кг/ч	8,55	10,3	11,7	13,69
Тяговое сопротивление R_T , кН	4,07	4,9	5,4	6,32
Мощность, теоретическая $N_{т.т.}$, кВт	29,2	35,6	45,6	53,2
Мощность, потребляемая агрегатом $N_{п.а.}$, кВт	31,79	38,3	43,6	51,01
Раздельное фрезерование на глубину 8,72 см				
Скорость движения V , км/ч	4,48	5,4	6,6	7,72
Расход топлива G , кг/ч	8,38	10,1	11,6	13,57
Тяговое сопротивление R_T , кН	4,57	5,5	6,2	7,25
Мощность, теоретическая $N_{т.т.}$, кВт	28,1	32,2	39,4	46,1
Мощность, потребляемая агрегатом $N_{п.а.}$, кВт	32,87	39,6	45,8	53,59

применяли культиватор вертикальный роторный КВФ-2,8, переоборудованный экспериментальными зубьями. Общий вид агрегата с отдельно установленными рабочими органами представлен на рис. 1.

Используя полученные данные скоростей и глубины обработки, мы провели также и теоретические расчёты мощности, потребляемой агрегатом. По данным этих расчётов были построены зависимости теоретической мощности от скорости движения.

Полученные результаты заносились в таблицы и обрабатывались с применением соответствующих методик. В табл. 1 представлены некоторые данные проведённых испытаний.

На рис. 2 представлены зависимости мощности, потребляемой агрегатом с вертикально-роторной бороной, расхода топлива и тягового сопротивления от скорости движения при сплошном фрезеровании стернового фона на глубину 6,45 см, влажность и твёрдость фрезеруемого слоя составляет, соответственно, 18,1% и 3,7 МПа.

На рис. 3 представлены аналогичные зависимости мощности, потребляемой агрегатом с вертикально-



Рис. 1. Опытный образец вертикально-роторной бороны с отдельно установленными эллиптическими зубьями

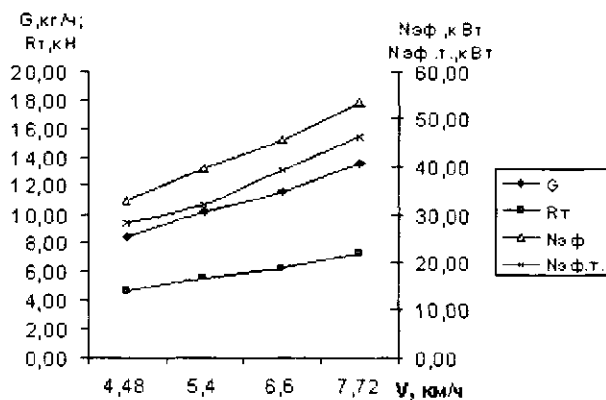


Рис. 2. Зависимость мощности $N_{эф}$, потребляемой агрегатом, расхода топлива G и тягового сопротивления $R_{т}$ от скорости движения V : (глубина фрезерования – 6,45 см; влажность – 18,1%; твёрдость – 3,7 МПа)

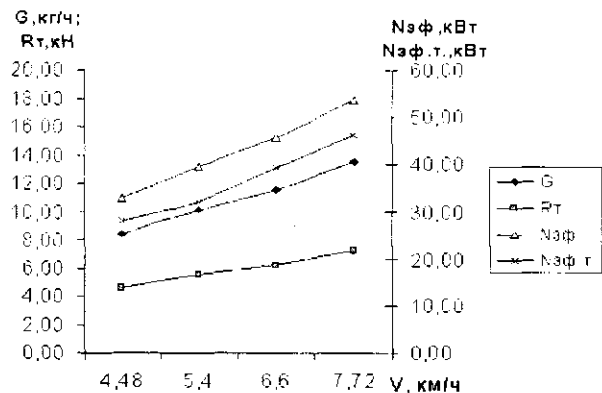


Рис. 3. Зависимость мощности $N_{эф}$, потребляемой агрегатом, расхода топлива G и тягового сопротивления $R_{т}$ от скорости движения V : (глубина фрезерования – 17,72 см; влажность – 14,99%; твёрдость – 5,13 МПа)

роторной бороной, расход топлива и тягового сопротивления от скорости движения при раздельном фрезеровании стернового фона под пропашные культуры на глубину 17,72 см, влажность и твёрдость фрезеруемого слоя составляет, соответственно, 14,99% и 5,13 МПа.

Выводы

На основе зависимостей $N_{эф}=f(V)$, $G=f(V)$, $R_{т}=f(V)$ можно определить мощность, расход топлива и тяговое сопротивление при любой скорости движения для сравнения с показателями других почвообрабатывающих агрегатов.

Сравнивая два графика, можно определить, что при скорости, например, 5 км/ч, мощность при сплошном фрезеровании составляет 40,5 кВт, а при раздельном 36,9 кВт, т. е. на 3,6 кВт меньше. Расход топлива и тяговое сопротивление при раздельном фрезеровании меньше на 0,6 кг/ч и 0,3 кН, соответственно. Кроме того, теоретические расчёты незначительно отличаются от экспериментальных.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Добышев, А. С. Эффективность применения комбинированных агрегатов: монография/А. С. Добышев; Бел. гос. с.-х. акад. – Горки, 2003. – 124 с.
- 2 Крутиков, Н. П. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин /Н. П. Крутиков, И. И. Смирнов. – Т.1. – М.: Машиз, 1961. – 461 с.
- 3 Ерофеев, В. А. Разработка вертикальной фрезы к мотоблокам /В. А. Ерофеев//Сельскохозяйственная техника для мелкоконтурных участков. – Москва, 1990. – С.15 – 18 (Сб. науч. Тр./НПО ВИСХОМ).
- 4 Клецкин, М. И. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин /М. И. Клецкин. – Т.2. – М.: Машиностроение, 1967. – 625 с.
- 5 Далин, А. Д. Ротационные грунтообрабатывающие

и землеройные машины/А. Д. Далин, П. В. Павлов. – М.: Сельхозгиз, 1950. – 183 с.

6 Львов Е. Д. Теория трактора/Е. Д. Львов. – М.: Машгиз, 1960. – 235 с.

7 Возделывание сельскохозяйственных культур по

зубы и стерновым фрезами с использованием агрегата на базе вертикально-роторной борона с рабочими органами каплевидной формы: отчет о НИР: 20053200/Бел. гос. с.-х. акад.: рук. Добышев А. С.; исполн. Зубиков Ф. Ф. [и др.]. – Горки, 2005. – 65 с.

УДК 637.116:621.65

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 9.10. 2006

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИРАБОТКИ ЛОПАТОК РОТАЦИОННОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА ДОИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ТЕКУЩЕМ РЕМОНТЕ

М.В. Колончук, инженер (РУП «Минскэнерго»)

Аннотация

Рассматривается вопрос ускорения приработки подвижных сопряжений ротационных вакуумных насосов при капитальном и текущем ремонте. В настоящее время кромку лопатки вакуумного насоса обрезают под углом 45°, поэтому приработка вакуумного насоса требует определенного времени и вызывает неравномерный износ корпуса. Исследованы закономерности износа лопаток ротационного вакуумного насоса. Предложена технология подготовки кромок лопаток, обеспечивающая качество приработки поверхностей трения и исключающая необходимость предэксплуатационной обкатки вакуумных насосов. Приводится методика проведения испытаний, математического обоснования и расчета радиуса верхней кромки лопаток. Материалы статьи полезны для эксплуатационников.

Введение

Разработка новых и совершенствование существующих технологических процессов текущего и капитального ремонта вакуумных насосов повышает их надежность и долговечность. Каждый новый и отремонтированный вакуумный насос подвергается обкатке с целью проверки качества сборки и приработки подвижных сопряжений. Выявлено, что качество сборки насоса следует проверять после достижения рабочей температуры 368 К (95°C), соответствующей температуре рабочего режима при эксплуатации, в течение максимального прогресса насоса – 20 минут [1]. Если сборочные зазоры в подвижных сопряжениях меньше или больше допустимых значений, то при рабочих температурах происходит заклинивание деталей или снижаются параметры насоса ниже паспортных значений. Например, при установлении осевого зазора между ротором и крышками и зазоров между лопатками и крышками выше допустимых производительность насоса будет ниже номинальной. Проверка предельного остаточного давления (максимального вакуума) позволяет оценить точность установки радиального зазора между ротором и корпусом в месте их наибольшего сближения. При увеличении выше допустимых пределов зазоров между лопатками и пазами ротора возрастают шум и вибрация. Нагрев насоса происходит за счет тепла от работы сжатия воздуха и трения лопаток о корпус и в пазах ротора. Поэтому нагрев деталей насоса ускоряют уменьшением остаточного давления до 11–13 кПа.

Продолжительность и качество приработки вакуумных насосов определяют нагрузочный, скоростной и тепловой режимы, вид и расход применяемой смазочно-охлаждающей жидкости. Длительность обкатки вакуумных насосов составляет более 56 часов, расход смазочно-охлаждающей жидкости (5%-го водного раствора эмульсола ЭТ-2) составляет 150 граммов в час [1]. В реальных условиях все действующие факторы изменяются одновременно. Поэтому получаемый результат является итогом действия различных факторов. Окончание приработки определяется сравнением основных параметров насоса при установленном тепловом режиме с паспортными значениями. Очевидно, что критерий окончания приработки не установлен. Поэтому, несмотря на практическую осознанность технологий текущего и капитального ремонта вакуумных насосов, качество остается низким. Средний межремонтный ресурс насосов не превышает 60% доремонтного ресурса. В качестве критерия окончания приработки может служить форма приработанной кромки лопатки насоса, так как из подвижных сопряжений ротационных вакуумных насосов прирабатываются только две детали – лопатка и корпус. В период приработки трудных сопряжений происходит интенсивное изменение шероховатости и геометрии поверхностей деталей в результате физико-химического взаимодействия и механического зацепления микронеровностей. При этом необходимо установить действующие силовые факторы и выявить закономерности износа наклонных лопаток вакуумных