

УДК 621. 878

Венцель Е.С., д.т.н.; Щукин А.В., к.т.н.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА УСТАНОВКИ ОТВАЛА НА МАКСИМАЛЬНОЕ УСИЛИЕ, ВОЗНИКАЮЩЕЕ НА НОЖЕ АВТОГРЕЙДЕРА ПРИ УДАРЕ О ПРЕПЯТСТВИЕ

Аннотация. *Получено изменение максимального горизонтального усилия на ноже отвала, которое имеет колебательный характер. Установлено влияние угла захвата отвала автогрейдера на максимальное усилие, приходящееся на кромку ножа при ударе о труднопреодолимое препятствие, для трех категорий грунта. Установлено, что наибольшего значения максимальное усилие на отвале автогрейдера достигает на III-й категории грунта при прямоустановленном отвале.*

Анотація. *Отримано зміну максимального горизонтального зусилля на ножі відвалу, яке має коливальний характер. Встановлено вплив кута захоплення відвалу автогрейдера на максимальне зусилля, що припадає на кромку ножа при ударі о важкоздоланну перешкоду, для трьох категорій ґрунту. Встановлено, що найбільшого значення максимальне зусилля на відвалі автогрейдера досягає на III-й категорії ґрунту при прямовстановленому відвалі.*

Annotation. *An alteration of maximum horizontal force on the knife blade, which has an oscillatory character. The effect of the capture angle of the blade grader at maximum force, falling on a knife edge with the impact of the formidable obstacle for the three categories of soil. It was found that the greatest value of the maximum force on the blade grader reaches at the III category soil under set straight heap.*

Постановка проблемы. Работа автогрейдера происходит в различных грунтовых условиях, а отдельные рабочие операции отличаются друг от друга схемами приложения внешних нагрузок и по-разному формируют нагруженность узлов рабочих органов (РО). Следовательно, статистические характеристики нагруженности в общем случае могут быть постоянными. Однако в каждом конкретном случае сумма накопленных усталостных повреждений не зависит от последовательности возникновения нагрузочных режимов [1]. Это позволяет представить работу автогрейдера, как состоящую из отдельных типичных режимов нагружения, которые определяются также соответствующими грунтовыми условиями.

Как известно, в процессе работы машины имеют место следующие операции ее рабочего цикла: зарезание (или заглубление отвала в грунт), непосредственно резание и завершение резания, сопровождающееся подъёмом отвала. Возможен также удар отвала автогрейдера о препятствие. Из всех операций наибольшее влияние на нож оказывает непосредственно резание грунта, поскольку оно по продолжительности составляет более 90% времени рабочего цикла машины [1, 2]. При этом значительное влияние на безотказную работу РО оказывает встреча с труднопреодолимым препятствием, находящемся в грунте.

Целью данной статьи является установление влияния угла установки отвала автогрейдера на максимальное усилие, приходящееся на кромку ножа при ударе о труднопреодолимое препятствие, для разных категорий грунта.

Изложение основного материала. В результате исследования процесса резания, зарезания, стопорения и удара автогрейдера о труднопреодолимое препятствие нами была проведена оценка нагруженности РО, что позволяет получить изменение горизонтального усилия R_x на ноже в зависимости от времени на трёх различных категориях грунта [1]. При этом важно отметить, что значительное влияние на максимальное усилие, как при зарезании и стопорении, так и при ударе, оказывает угол α установки отвала автогрейдера в плане (рис. 1).

При моделировании нагруженности РО автогрейдера угол α установки отвала в плане принимали в пределах от 10° до 90° , исходя из конструктивных соображений возможности установки отвала в процессе работы. Такое допущение позволило нам установить изменение максимального горизонтального усилия на ноже отвала, которое имеет колебательный характер, в зависимости от частоты встречи труднопреодолимого препятствия во время выполнения рабочих операций.

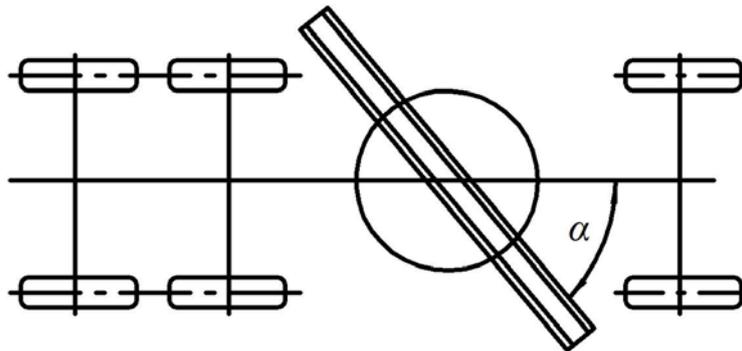


Рисунок 1 – Угол α установки отвала автогрейдера в плане

В процессе теоретических исследований влияния угла отвала на максимальное усилие, приходящееся на нож, нами постоянными принимались начальная скорость движения при выполнении рабочих операций $v_n = 1,8 \text{ м/с}$; парциальная жесткость механизма изменения угла резания отвала, приведенная к режущей кромке отвала $C_{yp} = 8656,5 \text{ кН/м}$ [4]; жесткость двух гидроцилиндров механизма подъема отвала $C_z = 5000 \text{ кН/м}$ [4], коэффициент сопротивления перекачиванию $f = 0,1$ [4].

Статистические характеристики нагружения автогрейдера достаточно глубоко изучены Б.А. Гречишниковым и Л.В. Назаровым [3, 5]. В большинстве случаев математическое ожидание действующей нагрузки должно соответствовать максимальной используемой мощности:

$$m_R = \bar{X} = T_0 - W_f. \quad (1)$$

Математическая модель нагружения представляет собой произведение стационарных нормированных случайных флуктуаций (случайных отклонений от среднего значения) и стационарного импульсного потока (временного тренда) со случайной амплитудой, которые являются статистически независимыми. Статистические характеристики случайного процесса находятся по известным статистическим характеристикам случайных флуктуаций и временного тренда [3].

Выполненные на кафедре строительных и дорожных машин Харьковского национального автомобильно-дорожного университета исследования [3] свидетельствуют о том, что случайные экспериментальные оценки корреляционных функций случайного процесса нагружения РО автогрейдера могут аппроксимироваться экспоненциальной зависимостью вида:

$$K(\tau) = D^2(R_X) \cdot e^{-\gamma|\tau|}, \quad (2)$$

где $\gamma = \frac{v_n \cdot \ln |0,05|}{2(a_1 + d_1)}$ – действительная часть частоты

нагружения РО; $D^2(R_X) = \varepsilon(T_0 - W_f)$, – дисперсия, кН; T_0 – тяговое усилие, соответствующее реализуемой двигателем мощности, кН; ε – табличное значение коэффициента вариации.

Коэффициент вариации, указывающий на разброс случайной величины R_x , существенно зависит от технологии изготовления ножа автогрейдера.

Очевидно, что основной характеристикой случайного процесса, который подразумевает под собой появление труднопреодолимого препятствия, является среднее число за некоторый уровень x в течение определённого промежутка времени T . Тогда среднее число появления (математическое ожидание) труднопреодолимого препятствия в единицу времени составляет [6]:

$$\bar{n}_x = \int_0^{T_1} v \cdot f(xv) dv, \quad (3)$$

где v – скорость изменения процесса, м/с.

При описании случайного процесса нагружения для гауссовского процесса выражение плотности вероятности двумерного распределения имеет следующий вид [6]:

$$f(x, v) = \frac{1}{2\pi S_x \sigma_v} e^{-\left[\frac{(x-\bar{x})^2}{2S_x^2} + \frac{v^2}{2\sigma_v^2} \right]}, \quad (4)$$

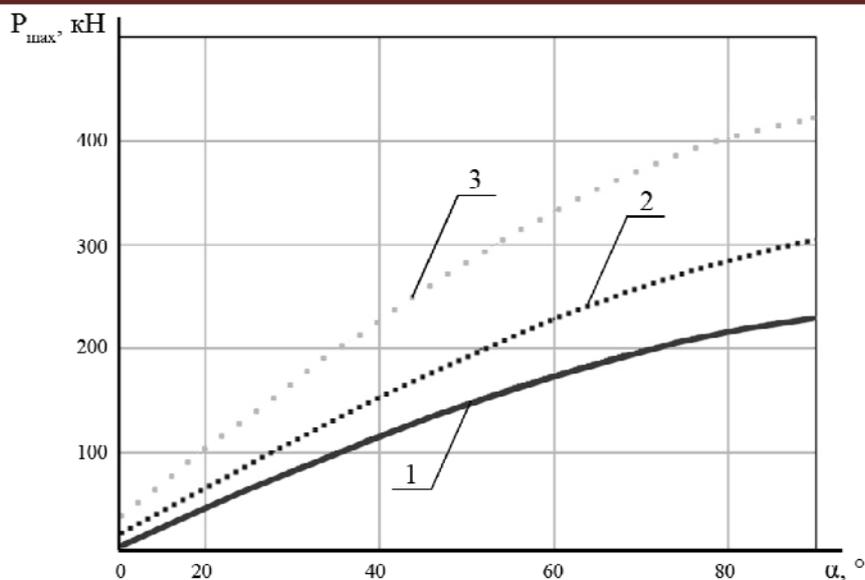
где $\sigma_v = K_v(\tau)|_{\tau=0} = -\frac{d^2 K(\tau)}{d\tau^2} = \varepsilon(T_0 - W_f)$.

Или

$$\sigma_v = \sqrt{-\left[\frac{\ddot{K}(\tau)}{K(\tau)} \right]_{\tau=0}}. \quad (5)$$

S_x – стандарт процесса, величина которого может быть определена как среднеквадратическое отклонение процесса изменения нагрузки R_x : $S_x^2 = K(0) = D^2(R_x)$ [3].

На рис. 2 представлен график изменения максимального усилия $P_{\max} = \max(R_x)$ на кромке ножа отвала при ударе о труднопреодолимое препятствие в зависимости от угла установки отвала в плане α для трёх категорий грунта. При этом сила сопротивления копанию R_x была приложена к боковому краю отвала [3].



1–I категория грунта, 2–II категория, 3–III категория
Рисунок 2 – Зависимость P_{\max} от угла захвата отвала α [14]

Аппроксимируя зависимость $P_{\max}=f(\alpha)$, получим:

$$P_{\max}(\alpha) = A \cdot \sin\left(B \cdot \frac{\alpha - C}{80}\right) + D. \quad (6)$$

В (6) величина коэффициентов для различных категорий грунта приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Значение коэффициентов А, В, С и D

Категории грунта	A	B	C	D
I	250	1,2	5	-10
II	305	1,25	10	20
III	380	1,4	12	50

Выводы

Полученная зависимость позволяет оценить влияние угла установки отвала автогрейдера в плане на максимальное усилие, приходящееся на его РО, с учетом случайного процесса появления труднопреодолимого препятствия.

С увеличением угла α установки отвала в плане возрастает максимальное усилие на ноже отвала при встрече с препятствием $P_{\max}=\max(R_x)$. Существенное влияние на величину P_{\max} также оказывает и категория грунта. Своего наибольшего значения

максимальное усилие на отвале автогрейдера достигает 420кН на III-й категории грунта при прямоустановленном отвале ($\alpha=90^\circ$).

В перспективе предполагается подтверждение полученной зависимости максимального усилия от угла захвата отвала при выполнении реальных рабочих операций автогрейдером на грунтах разных категорий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щукін О.В. Підвищення ресурсу різальних елементів робочих органів землерійно-транспортних машин: дис. ... канд. техн. наук / Олександр Вікторович Щукін; ХНАДУ. – Х., 2014. – 198 с.

2. Венцель Е.С. Влияние износа ножа на ресурс рабочего органа автогрейдера / Е.С. Венцель, А.В. Щукин, Л.В. Разаренов // Строительные и дорожные машины. – 2013. – №9. – С. 44–47.

3. Гречишников Б.А. Исследование средств и способов снижения нагруженности основных узлов автогрейдера : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.04 / Гречишников Борис Алексеевич. – Харьков, 1980. – 189 с.

4. Воронович А.В. Совершенствование автогрейдеров массой 15...16 т комплектацией энергосиловыми модулями повышенной надежности : дис. ... кандидата техн. наук : 05.05.04 / Воронович Андрей Викторович. – Харьков, 2007. – 172 с.

5. Назаров Л.В. Динамические нагрузки на ходовое оборудование и конечные элементы трансмиссий пневмоколесных ЗТМ / Л.В. Назаров, Б.А. Гречишников, И.А. Евтушок // Повышение эффективности работы колесных и гусеничных машин в суровых условиях эксплуатации. – Тюмень. 1996. – С. 98–103.

6. Фёдоров Д.И. Надёжность рабочего оборудования землеройных машин / Д.И. Фёдоров, Б.А. Бондарович. – М. : Машиностроение, 1981. – 280 с.