

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОДЕЛИ
РАБОЧЕГО ОРГАНА АВТОГРЕЙДЕРА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Б.А.Алимбаев, Р.К.Токсамбаева, Т.С.Жусип
E.mail. ksucta@elcat.kg

*Гидротехникалык курулушта
иштепчыгууда колдонулган автогрейдердин жумушчу органынын моделинин лаборатордук изилдөөсүнүн тыл нактары берилди.*

Приводятся результаты лабораторных исследований модели рабочего органа автогрейдера при разработке грунта в гидротехническом строительстве.

Results of laboratory researches of model of working body of the autograder are given when developing soil in hydraulic engineering construction.

Исследования об эффективности применения дополнительного ножа, установленного впереди отвала автогрейдера и англедозера, приведены в работах /1, 2, 3/, посвященных дальнейшему усовершенствованию конструкции рабочего оборудования землеройно-транспортных машин. Вместе с тем, отсутствуют исследовательские работы по определению рациональных параметров подобного дополнительного оборудования к автогрейдерам и бульдозерам. Поэтому данная работа авторов направлена на исключение отмеченного пробела в области изучения рабочего процесса автогрейдера с дополнительным ножом. В соответствии с этим в лабораторных условиях ТарГУ им. М.Х.Дулата проводились экспериментальные исследования на стенде для физического моделирования рабочих процессов землеройных машин.

Для изучения рабочего процесса использовался эквивалентный грунт. Перед каждым опытом прочность грунта контролировалась с помощью динамического плотномера с увеличенной площадью наконечника ($F=2,54 \text{ см}^2$), и число ударов ударника ДорНИИ составляло $C=4...6$.

Учитывая недостатки и преимущества различных методик планирования эксперимента, было принято решение использовать ротатбельное планирование второго порядка. Схема планирования в этом случае является схемой ротатбельного планирования. Эта схема, кроме ортогональной матрицы планирования на двух уровнях содержит центральные точки. Все координаты центральной точки обозначаются через 0 (ноль) (т.е. основной уровень соответствующих факторов). Кроме того, матрица включает так называемые «звездные» точки, в которых уровни всех факторов основные, а уровень одного фактора отличается от основного на величину большую, чем интервал варьирования.

В результате обзора и анализа предшествующих исследовательских работ нами выбраны четыре наиболее важных фактора: угол установки отвала φ_o , угол установки дополнительного ножа φ_n , соотношение длины дополнительного ножа к длине основного отвала и скорость резания V грунта, определяющих протекание процесса и влияющих на значения функций отклика (P_1 и P_2):

Перед проведением опытов производилась тарировка тензометрического элемента путем подвешивания к нему эталонных грузов. Перед началом опытов контролировалась влажность грунта.

Уровни факторов и интервалы варьирования представлены в табл. 1.

Таблица 1

Уровни факторов и интервалы варьирования

Факторы	Уровни факторов					Интервалы варьирования
	-2	-1	0	+1	+2	
Угол установки дополнительного ножа в плане $\varphi_{д.н.}$ (град.)	20	30	40	50	60	10
Угол установки отвала (φ_o), град.	20	30	40	50	60	10
Соотношение длины дополнительного ножа к длине основного отвала $a = \frac{l_o}{L}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1
Скорость разработки грунта ϑ , м/с	1	2	3	4	5	1

Матрица экспериментальных исследований для кодированных значений уровней факторов и результаты ее реализации представлена в табл. 2.

Обработка экспериментальных данных, приведенных в табл.2, позволила получить регрессионные модели, определяющие зависимость функций отклика от варьируемых факторов:

для лобового усилия

$$P_1 = 38,53 + 1,96x_2 + 7,84x_3 - 1,97x_4 + 1,67x_4 - +1,67x_1^2 - 2,73x_3^2 + 5,36x_4^2 - 1,47x_{14} - 2,94x_{24} - 2,2x_{34}$$

для бокового усилия

$$P_2 = 7,27 + 0,58x_1 + 1x_3 + 0,73x_3 + 1,85x_1^2 + 1,6x_2^2 + 1,85x_3^2 + 1,23x_4^2 + 0,64x_{12} - 1,28x_{13} - 0,85x_{14} + 0,43x_{23} - 1,28x_{24} + 1,5x_{34}$$

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№ опыт	Факторы				Функции отклика	
	$X_1(\varphi_n)$	$X_2(\varphi_o)$	$X_3(h)$	$X_4(\vartheta)$	$P_1, Н$	$P_2, Н$
1	-	-	-	-	35,28	10,32
2	+	-	-	-	41,16	17,2
3	-	+	-	-	41,16	17,2
4	+	+	-	-	47,04	24,08
5	-	-	+	-	58,8	13,76
6	+	-	+	-	58,8	17,2
7	-	+	+	-	76,44	18,92
8	+	+	+	-	76,44	18,92
9	-	-	-	+	35,28	17,2
10	+	-	-	+	35,28	17,2
11	-	+	-	+	41,16	10,32
12	+	+	-	+	35,28	17,2
13	-	-	+	+	58,8	22,36
14	+	-	+	+	52,92	17,2
15	-	+	+	+	52,92	22,36

16	+	+	+	+	52,92	24,08
17	-2	0	0	0	52,92	17,02
18	+2	0	0	0	58,88	13,76
19	0	-2	0	0	47,04	13,76
20	0	+2	0	0	47,04	15,48
21	0	0	-2	0	35,28	17,02
22	0	0	+2	0	41,16	13,76
23	0	0	0	-2	64,88	13,76
24	0	0	0	+2	76,44	12,04
25	0	0	0	0	47,04	10,32
26	0	0	0	0	47,04	10,32
27	0	0	0	0	47,04	10,32
28	0	0	0	0	47,04	8,6
29	0	0	0	0	44,1	10,32
30	0	0	0	0	47,04	10,32
31	0	0	0	0	49,98	10,32

Переход от кодированного вида к натуральным значениям переменных осуществляется по формуле

$$X_i = X_i E + X_{oi}$$

где X_i – натуральное значение фактора; X_i – кодированное значение фактора; E – кодированное значение интервала варьирования фактора; X_{oi} – кодированное значение фактора на нулевом уровне.

Полученные регрессионные модели позволили нам построить поверхности откликов, которые наглядно показывают зависимости функции отклика (P_1 и P_2) от варьируемых факторов.

На рис. 1 показаны графики зависимости функции отклика (P_1 и P_2) от угла установки отвала в плане (φ_o) и угла установки дополнительного ножа (φ_n). Зависимость бокового составляющего сопротивления копанью грунта P_2 от углов установки отвала в плане φ_o и дополнительного ножа φ_n представлена на рис. 1. Следует отметить, что P_2 имеет четко выраженную область минимального значения при определенном диапазоне изменений значений φ_o и φ_n . Таким образом, при углах $\varphi_o = 30^\circ \dots 50^\circ$ и $\varphi_n = 20^\circ \dots 30^\circ$ наблюдается наименьшее значение P_2 .

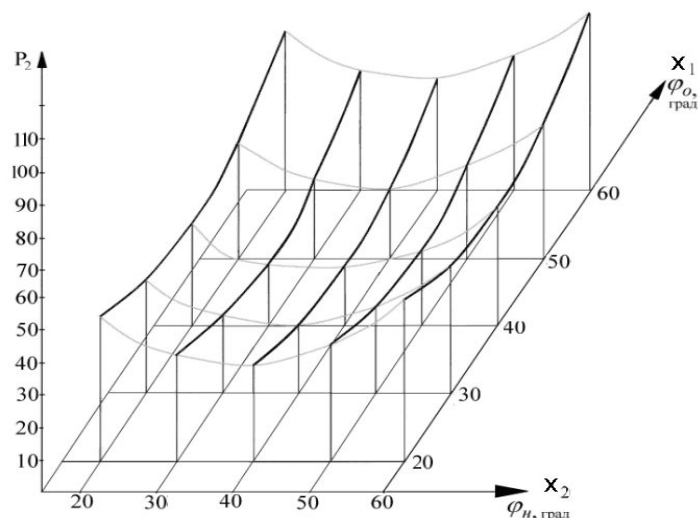


Рис. 1. Зависимость бокового усилия резания P_2 от угла установки отвала в плане (φ_o) и дополнительного ножа (φ_n)

Экспериментально нами установлено значение угла установки отвала в плане (φ_o), где проявляется наименьшее значение P_2 (при $\varphi_o = 30^0 \dots 36^0$), хорошо согласуется с результатами исследований предшествующих авторов, где констатируется «энергоемкость косого копания отвалом с параметрами, обеспечивающими наиболее интенсивный сход грунта отвала, в 2-3 раза меньше энергоемкости лобового копания при угле захвата отвала $30 \dots 40^0$ » (Косое резание и копание грунта. Д-р техн. наук А.Н.Зеленин и инж. Л.В.Красильников). При угле $\varphi_n = 20^0$ значение P_2 остается существенным, и с увеличением этого угла до 40^0 происходит постоянное снижение P_2 , достигая наименьшего значения. При дальнейшем росте φ_n наблюдается увеличение значения P_2 .

В условиях наличия дополнительного упорного ножа на отвале зависимость лобового усилия резания P_1 от скорости резания \mathcal{V} (рис. 2) качественно совпадает с известными результатами исследований. В пределах исследуемого диапазона скорости резания значение лобового усилия резания P_1 имеет незначительное изменение, что подтверждает сходство с результатами исследований академика В.П.Горячкина, где увеличение скорости \mathcal{V} в пять раз (с 0,4 до 2,0 м/с) привело к возрастанию всего на 12% сопротивления копанию грунта сельскохозяйственным плугом P_k .

В другом случае увеличение соотношения длины дополнительного ножа к длине основного отвала $a = \frac{l_o}{L}$ в 4 раза привело к приросту усилия P_k только на 11,5%.

Следовательно, можно сделать вывод о том, что при использовании дополнительного упорного ножа увеличение скорости резания грунта от 1 до 5 м/с не оказывает существенного влияния на рост лобового усилия резания P_1 .

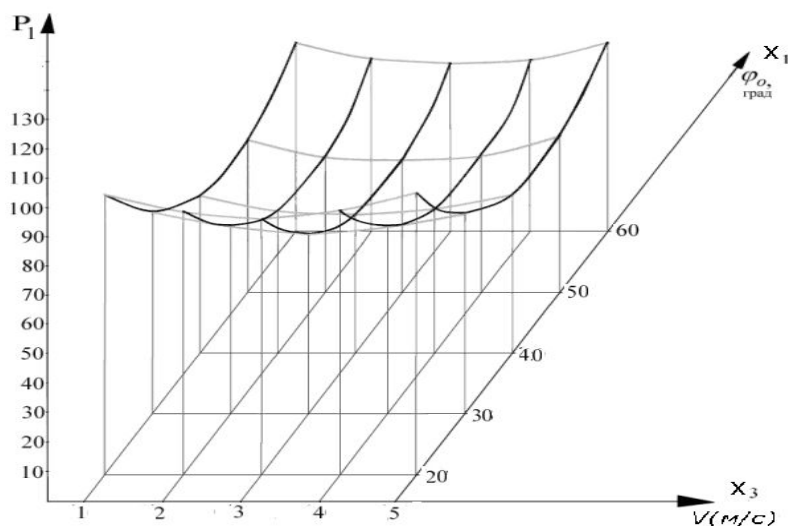


Рис. 2. Зависимости лобового усилия резания P_1 от угла установки отвала в плане (φ_o) и соотношения длины дополнительного ножа к длине основного отвала $a = \frac{l_o}{L}$

Угол установки отвала в плане φ_o при его увеличении от 20^0 до 60^0 приводит вначале к снижению лобового усилия резания P_1 , а потом – к возрастанию. Это объясняется тем, что с ростом угла установки отвала, до определенного значения этого угла, наблюдается положительное влияние косого резания, которое обеспечивает снижение общего сопротивления копанию грунта. Дальнейшее увеличение значения этого

угла оказывает влияние на рост сопротивления копания, так как при постоянной ширине захвата отвала ($B=const$) значительно увеличивается длина отвала. Кроме того, имеются следующие сведения о влиянии косо́го резания на процесс копания грунта: по данным В.А.Бахмутова и И.А.Недорезова, удельное сопротивление резанию при уменьшении угла захвата от 90 до 30-20° убывает, по данным З.Е.Гарбузова, возрастает, а по данным А.Н.Зеленина и Л.В.Красильникова, может либо возрастать, либо убывать в зависимости от соотношения высоты ножа и глубины резания.

В пределах угла установки отвала в плане $\varphi_o = 30^0 \dots 36^0$ наблюдается максимальное снижение лобового усилия резания P_1 . Таким образом, несмотря на увеличение длины отвала с ростом угла его установки в плане имеется диапазон изменения этого угла, где наблюдается максимальный эффект от косо́го копания грунта. Этому эффекту можно найти подтверждение в работе «Косое резание и копание грунта. Д-р техн.наук А.Н.Зеленин и инж. Л.В.Красильников», где говорится, что энергоёмкость косо́го копания отвалом с параметрами, обеспечивающими наиболее интенсивный сход грунта с отвала, в 2...3 раза меньше энергоёмкости лобового копания при угле захвата 30...40°.

Выводы

1. По результатам экспериментальных исследований рабочего процесса автогрейдера, оснащенного дополнительным ножом впереди отвала, получены регрессионные модели, адекватно описывающие зависимость лобового P_1 и бокового P_2 составляющих сопротивления копания грунта от угла установки отвала в плане (φ_o) и угла установки дополнительного упорного ножа (φ_n).

2. Полученные предварительные результаты подтвердили правильность выбора входных факторов, а также установленный диапазон их изменения.

3. Установленные в результате исследования рациональные параметры предлагаемого рабочего оборудования имеют не только научное, но и большое практическое значение, так как их применение позволяет более обоснованно подойти к проектированию рабочих органов автогрейдеров и повысить их производительность.

Список литературы

1. Мырзашев С.М., Абдигалиев М., Шотанов С.И., Токсамбаева Р.К., Джусипов Т.С. Влияние угла установки отвала и ножа в плане на эффективность землеройной машины // Вестник ТарГУ. – № 10. – 2005. – С. 25-30.

2. А.С. №1760028 (СССР) / Абдигалиев М., Кадыров Ж.О., Шотанов С.И. Рабочий орган землеройно-транспортной машины. МКИ Е 02 F 3/76. Заявл. 05.09.1988. Опубл. 07.09.1992. Бюлл. № 33.

3. Хмара Л.А., Шатов С.В., Баловнев В.И., Мелашич В.В. Исследование копания грунта бульдозером с двухножевым рабочим органом // Строительные и дорожные машины. – 1979. – № 3. – С. 21-22.