УДК 621.878.2:519.242

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПЛАНА 2^3 ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Кадыров А.С., Жумабаев Б.С., Смагина В.С., Аманжол Ж.И., Жунусбекова Ж.Ж.

Карагандинский государственный технический университет Республики Казахстан, Караганда, e-mail: zhbs_91@mail.ru

Рост экономики Республики Казахстана обусловил резкое увеличение объемов строительно-монтажных работ. Стоимость нулевого цикла может составлять 40% общей стоимости здания и сооружения. Современные условия строительства обуславливает необходимость модернизации и реконструкции действующих производств. Современное строительство в условиях городской застройки характеризуется стесненными условиями, при которых строительство подземной части сооружений необходимо производить рядом со стоящим зданием, наличием грунтовых вод и агрессивной грунтовой среды. В этих экономически эффективным является устройство подземных сооружений способом «стена в грунте». Основной операцией при строительстве способом «стена в грунте», является разработка траншей. для разработки траншей используется фрезерные землеройные машины. В связи с этим статья направлена на разработку методики экспериментального установления сил сопротивления фрезерованию грунтов фрезерными машинами.

Ключевые слова: землеройные машины, резания грунтов, эксперимент, планирование эксперимента, классический эксперимент, многофакторный эксперимент

THE USE OF MULTIVARIATE EXPERIMENT IN THE STUDY PLAN 2^3 WORKFLOWS EARTHMOVING MACHINES

Kadyrov A.S., Zhumabaev B.S., Smagina V.S., Amanzhol Z.I., Zhunusbekova Z.Z.

Karaganda state technical university of Republic of Kazakhstan, Karaganda, e-mail: zhbs_91@mail.ru

Growth of Economy of the Republic of Kazakhstan has caused a sharp increase in the volume of construction and installation works. The cost of the zero cycle may be 40% of the total cost of the building and facilities. Modern conditions of construction necessitate the modernization and reconstruction of existing facilities. Modern construction in urban areas characterized by cramped conditions under which the construction of the underground part of plants should be performed standing next to a building, the presence of groundwater and aggressive soils. This cost-effective device is the way of underground structures «wall in the ground.» The basic operation in the construction method of «slurry wall» is the development of trenches. For the development of trenches used milling digging. In connection with this article is aimed at the development of experimental techniques to establish the resistance forces milling machine ground.

Keywords: earthmoving machines, digging, experiment, experimental design, a classic experiment, a multivariate experiment

Землеройные машины являются самыми массовыми машинами, используемыми в мелиоративном и дорожном строительстве. Землеройные машины устроены и действует по принципу резания грунтов [1].

Эксперимент в ходе развития науки выступал мощным средством исследования явлений природы и технических объектов. Но лишь сравнительно недавно он стал предметом исследования. Пристальное внимание ученых и инженеров к тому, как лучше и эффективнее, проводить эксперимент, возникло не случайно, а является следствием достигнутого уровня и масштаба экспериментальных работ на современном этапе развития науки и техники [2].

Цель исследования. Сопротивление резанию грунта устанавливается экспериментальным путем. Это объясняется многообразием грунтовых характеристик и невозможностью их аналитического описания. В связи с этим статья направлена на разработку методики экспериментального установления сил сопротивления фрезерованию грунтов.

Материалы и методы исследования

Землеройные машины устроены и действует по принципу резания грунтов. Исследования процесса резания грунтов образовали уже вполне определенную область науки [1].

Планирование эксперимента – это процедура выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью [2].

Применение планирования эксперимента делает поведение экспериментатора целенаправленным и организованным, существенно способствует повышению производительности его труда и надежности полученных результатов. Важным достоинством метода является его универсальность, пригодность в огромном большинстве областей исследования, интересующих современного человека [3].

Целью исследования является разработка корректного и экономичного плана эксперимента по определению сил сопротивления разрушения грунта фрезерными рабочими органами.

В работе Кадырова А.С. [4] был использовании классический план эксперимента, но функция силы резания не является линейным от всех перечисленных факторов.

В целом результаты эксперимента на стенде СД-1 подтвердили аналитические выводы: коэффициент K_w зависит от радиуса вращения и скорости резания. Однако, диапазон изменения значений коэффициента K_w несколько больший. Это объясняется тем, что в теоретической модели не учтены некоторые факторы [4].

В качестве примера рассмотрим эксперимент по определению удельных сил сопротивления грунта резанию B и давлению A при вращательном движении резца. Эксперимент проводится на стенде СР-1 [4]. Этот стенд позволяет не только менять входные параметры: режим и конструкцию фрезы, но создавать в приямке различные грунтовые условия, то есть эксперимент является модельным, натурным, полноразмерным. Размерность модели имеет значительное влияние на ошибки эксперимента.

Стенд СР-1 состоит из грунтового метки, в которой укладывается целик грунта, привода вращения и тензометрического резца. Привод вращения передает крутящий момент в горизонтальной (бурение) или вертикальный (фрезерование) плоскостях. При взаимодействии тензометрического резца 1 с забоем усилие резание передавалось с него на пружинную пластину с тензометрическим датчиками и преобразовывалось в изгибающее усилие, которое улавливалось тензоусилителем и регистрировалось светолучевым осциллографом.

Экспериментальные исследование на стенде СР-1 выполнялось в три этапа. на первом осуществлялось прямолинейное резание в лотке прямолинейного резания, затем производилось резание при вращении в горизонтальной и вертикальных плоскостях [4].

С целью уменьшения количества экспериментальных факторов применим теорию подобия и установим три параметра.

Параметры для плана эксперимента 2^3:

– длина фрезы, L;
– диаметр фрезы, D;
– ширина резца, b;
– число резцов, i;
– усилие подачи, Q;
– крутящий момент, M;
– усилия резания, $P_{рез}$.

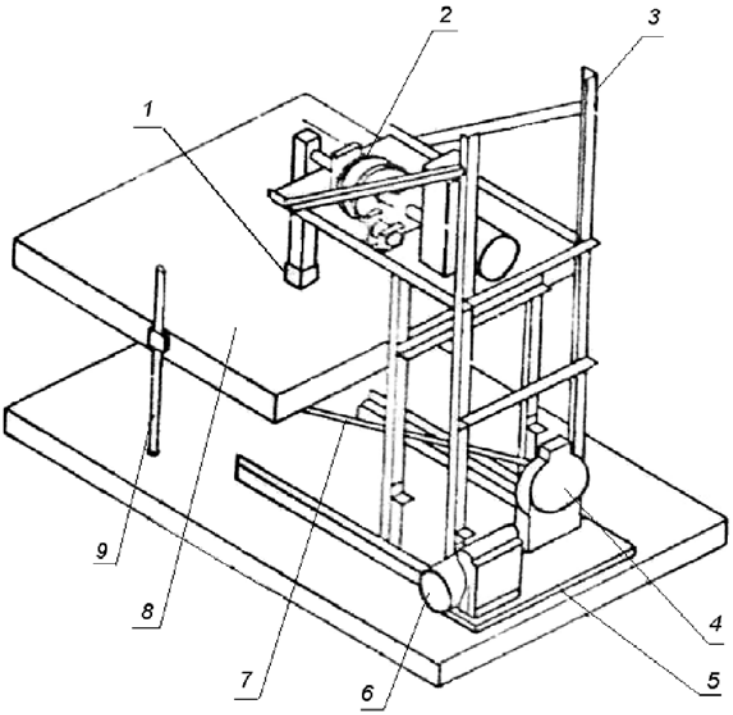

Рис. 1. Стенд СР-1:
1 – резец; 2 – механизма привода вращения; 3, 5 – рама; 4 – механизма подачи грунтового контейнера; 6 – двигатель постоянного тока; 7 – трансмиссия; 8 – грунтовой контейнер

Параметры многофакторного эксперимента 2^3 являются следующие величины:

1. Коэффициет перекрытия забоя:

$$k = \frac{ib}{L},$$

где i – число резцов; b – ширина резца; L – длина фрезы.

2. Угол резания:

$$\operatorname{arctg}\delta = \frac{Q}{P_{рез}} = \frac{QR}{M},$$

где Q – усилие подачи; M – крутящий момент; $P_{рез}$ – усилия резания; R – радиус фрезы.

3. Диаметр фрезы D

В табл. 1 показаны значения параметров для многофакторного эксперимента 2^3.Таким образом факторами определяющими процесс явились k, tgδ и D. За функции отклики приняты силы сопротивления резанию вертикальным и горизонтальном направлении. для построения матрицы планирования эксперимента 2^3 необходимо рассчитать минимальные и максимальные значения параметров.

1. Минимальное и максимальное значение коэффициет перекрытия забоя:

$$k_{\min} = \frac{i_{\min} \cdot b_{\min}}{L_{\max}} = \frac{24 \cdot 0,05}{0,525} = 2,3,$$

$$k_{\max} = \frac{i_{\max} b_{\max}}{L_{\min}} = \frac{8 \cdot 0,01}{0,825} = 0,097$$

2. Минимальное и максимальное значение угла резания:

$$\operatorname{tg}\delta_{\min} = \frac{Q_{\min} R_{\min}}{M_{\max}} = 30°,$$

$$\operatorname{tg}\delta_{\max} = \frac{Q_{\max} R_{\min}}{M_{\min}} = 75°.$$

3. Минимальное и максимальное значение угла резания диаметра фрезы:

$$D_{\min}=0,1 \text{ м},$$

$$D_{\max}=0,5 \text{ м}.$$

Матрица планирования составлена с учетом случайного порядка реализации опытов с рандомизации (табл. 2).

Таблица 1

№ п/п	D, м	L, м	b, м	i	R, м
1	0,1	0,525	0,01	8	0,05
2	0,2	0,6	0,02	12	0,1
3	0,3	0,75	0,03	16	0,15
4	0,4	0,8	0,04	20	0,2
5	0,5	0,825	0,05	24	0,25

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента 2^3

№ опыта	Случайный порядок реализации опыта	$X_1(k)$		X_2(tgδ)		$X_3(D)$		Удельные силы, кН	
		код		код		код		А	В
1	2. 9	-	0,097	-	30	-	0,1	79,7	78,0
2	6. 13	+	2,3	-	30	-	0,1	81,2	80,1
3	1. 15	-	0,097	+	75	-	0,1	82,4	81,2
4	7. 10	+	2,3	+	75	-	0,1	78,1	77,9
5	3. 16	-	0,097	-	30	+	0,5	82,1	82,0
6	8. 14	+	2,3	-	30	+	0,5	79,8	78,1
7	4. 12	-	0,097	+	75	+	0,5	81,0	80,9
8	5. 11	+	2,3	+	75	+	0,5	81,4	81,1

Результаты исследования и их обсуждение

В результате экспериментальных исследований на стенде СР-1 были получены зависимости удельных сил (*A* и *B*) от коэффициента перекрытия забоя (*k*), угла резания (tgδ), диаметра фрезы (*D*).

Графики на рис. 2 и 3 показывают не линейное увеличение удельных сил, зависящие от коэффициента перекрытия забоя (*k*) и от угла резания (tgδ). Как видно из графиков области между удельными силами не линейны, и это доказывает, что в этой области эксперимент плана 2^3 будет более точным и экономичным по сравнению с классическим экспериментом.

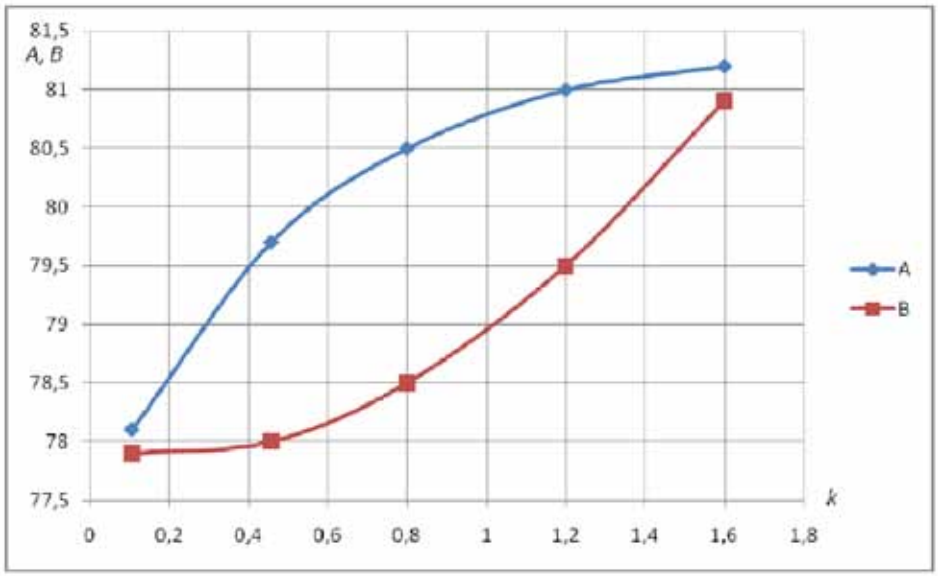

Рис. 2. Зависимость удельных сил (A и B) от коэффициента перекрытия забоя (k)

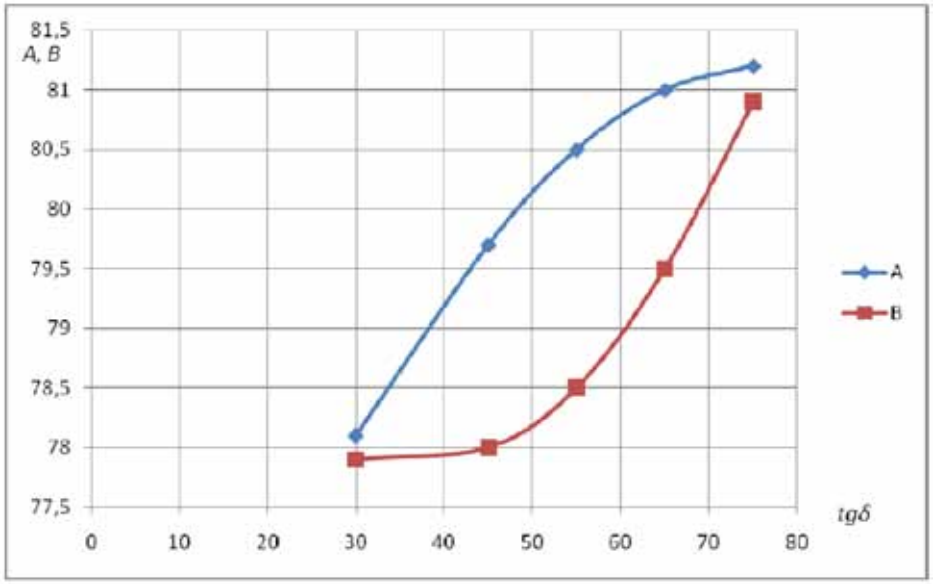

Рис. 3. Зависимость удельных сил (A и B) от угла резания (tgδ)

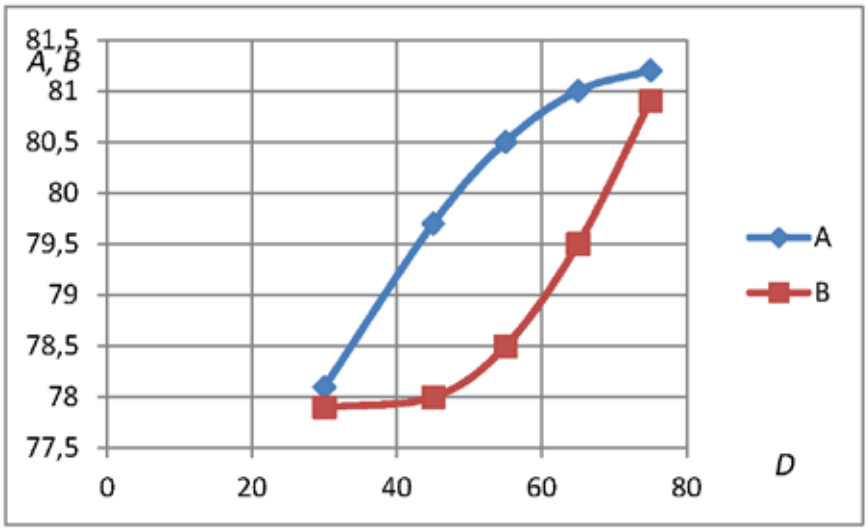

Рис. 4. Зависимость удельных сил (A и B) от диаметра фрезы (D)

Анализируя график на рис. 4, можно сказать, что при увеличении диаметра фрезы *(D)* удельные силы увеличиваются не линейно, и это доказывает, что в этой области эксперимент плана 2^3 будет более точным и экономичным по сравнению с классическим экспериментом.

Выводы

Таким образом, построили полный факторный эксперимент 2^3. Он имеет восемь опытов и включает все возможные комбинации уровней трех факторов.

Список литературы

1. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами. – М.: Машиностроение, 1971. – 357 с.

2. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1969. – 157 с.

3. Красовский Г. И., Филаретов Г. Ф. Планирование эксперимента. – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.

4. Кадыров А.С. Теория и расчет фрезерных и бурильных рабочих органов землеройных машин, применяемых при строительстве способом «стена в грунте»: дисс. … д-ра техн. наук – М.: МИСИ им. Куйбышева, 1989.