

В.А. ПЕНЧУК, докт. техн. наук, **В.А. ТАЛАЛАЙ**, канд. техн. наук,
Н.В. МЫЛЬНИКОВ, магистрант.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ ГРУНТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ЖЕСТКОСТИ ПОДВЕСКИ БУЛЬДОЗЕРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.

Актуальность проблемы. За 150 летний путь конструкция землеройно-транспортных машин претерпели значительные изменения. В настоящее время существуют конкретные рекомендации по выбору основных параметров процесса разработки грунта и параметров широкозахватных рабочих органов бульдозеров, скреперов и др. В работах [1, 2], дан системный анализ этих рекомендаций и показано, что энергоемкость значительна и составляет - 0,1...0,4 кВт·ч/м³.

Ежегодно строительными и ремонтными организациями Украины выполняются значительные объемы земляных работ (до 500 тыс. м³) с использованием: бульдозеров, скреперов и др. Поэтому энергосберегающих процессов разработки грунта и рабочих органов для их реализации является актуальной задачей.

Анализ публикаций. Теоретическое экспериментальное исследование разработки грунта бульдозером уделялось большое внимание, и этому посвящены работы видных ученых: Баловнев В.И., Баладинский В.И., Ветров Ю.А., Зеленин А.Н., Назаров В.А., Ничке В.В., Федоров Д.И., Хмара Л.А. и др. [4, 5, 6, 7].

Теоретическое обоснование возможности влияния подвески бульдозерного оборудования на энергетические показатели разработки грунта было указано в работах проф. Хмарой Л.А и Пенчуком В.А. [1, 2].

Цель работы. Экспериментально подтвердить влияние жесткости упругой связи отвала бульдозера с тяговой рамой на силовые, массовые и энергетические показатели разработки грунта.

Задачами работы являются:

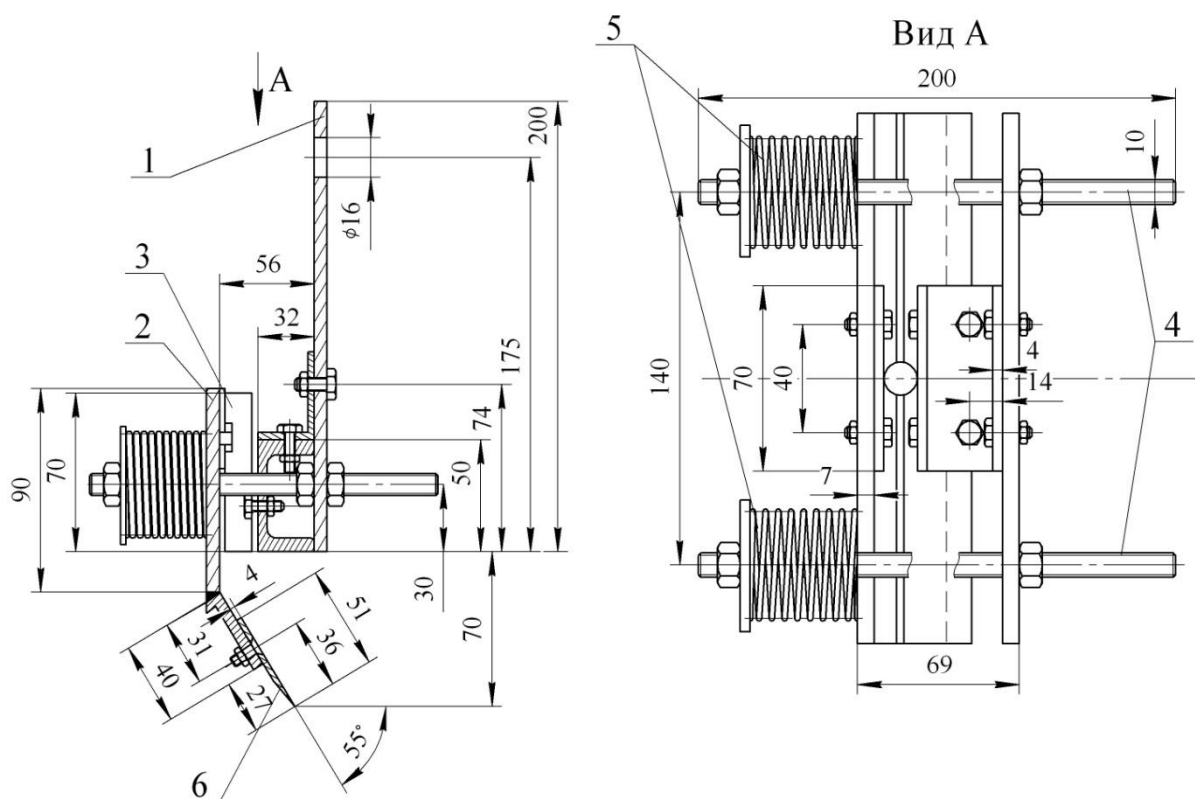
1 – системный анализ публикаций по процессу разработки грунта в лабораторных условиях на парафине;

2 – разработка методики экспериментальных исследований и изготовление соответствующего лабораторного оборудования;

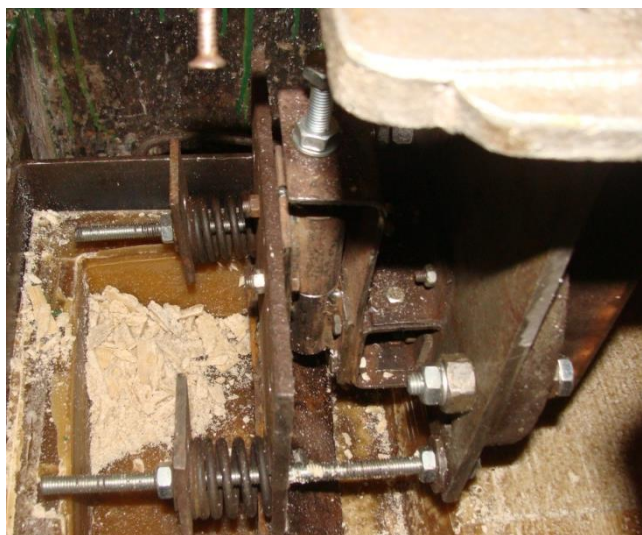
3 – проведение экспериментальных исследований процессов разработки грунта модернизированным бульдозерным оборудованием;

4 – системный анализ результатов экспериментальных исследований.

На основании рекомендаций [2, 3] было разработана методика экспериментального исследования и модель рабочего органа (Рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Конструктивная схема и фотограмма экспериментальной модели рабочего органа бульдозера (профиль): а – вид сбоку; б – вид сверху (вид А); 1 – опорная плита; 2 – лобовая поверхность; 3 – поворотное устройство; 4 – нагруженные тяги; 5 – упругий элемент; 6 – сменный нож.

Основываясь на результатах исследований [4, 5, 6, 7], был разработан специальный экспериментальный стенд, который позволял проводить многократно исследования в заданных грунтовых средах (Рис. 2). При проведении эксперимента использовались измерительные приборы (ударник ДорНИИ, штангенциркуль, весы и др.) и программное обеспечение PowerGraph Professional (Рис. 3).

При составлении плана экспериментального исследования была использована ротационная центральная композиционная план-матрица второго порядка (табл. 1). Величина надежности пробного эксперимента была принята равной $\alpha=0,95$. При этой величине надежности и ошибки эксперимента было принято минимальное число опытов $n_{\text{мин}} = 4$ [8].



Рис. 2. Общий вид стенда физического моделирования: 1 – датчик давления; 2 – передвижная тележка; 3 – приводная масло-станция; 4 – моделируемый грунт IV категории (парафин); 6 – контейнер; 7 – модель рабочего органа; 8 – швеллерная балка конструкции стенда; 9 – жесткие опоры.

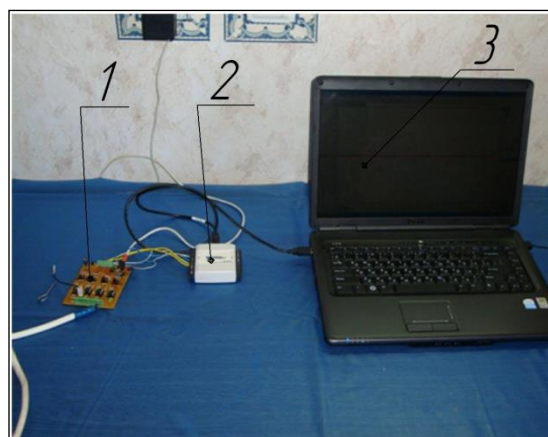


Рис. 3. Измерительные приборы: 1 – усилитель сигнала с датчика давления; 2 – преобразователь сигнала усилителя; 3 – ПК (ноутбук) для обработки сигнала.

Таблица 1.

Кодирование факторов

Факторы	Размерность	Уровни факторов			Интервал варьирования
		-1	0	+1	
Кодовое обозначение					
X_1 – предварительное усилие затяжки пружины, F_{np}	Н	100	200	300	100
X_2 – глубина копания, $h_{kop.}$	мм	2	4	6	2

В процессе проведения эксперимента фиксировались следующие факторы:

- сила сопротивления грунта копанию P_k ;
- масса срезаемой стружки грунта G .

Качественная картина отделения элементов стружки грунта вдоль отвала фиксировалось непрерывным фотографированием.

Фотограмма процесса резания грунта экспериментальным рабочим органом представлена на рисунок 4.

Силовые параметры процесса разработки грунта устанавливались с помощью датчика давления и обрабатывались при помощи программное обеспечение PowerGraph Professional.



Рис. 4. Фотограмма процесса резания грунта.

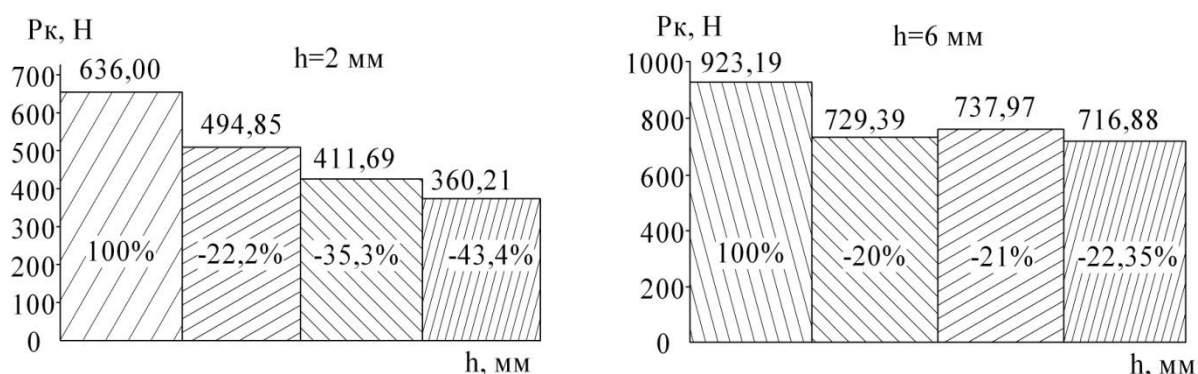


Рис. 5. Гистограммы сопротивления грунта копанию P_k , где: 1 – усилие сопротивления грунта копанию, традиционным профилем без пружин; 2 – усилие сопротивления грунта копанию, профилем с пружинами сжатия с предварительной затяжкой $C = 100H$; 3, 4 – усилие сопротивления грунта копанию, профилем с пружинами сжатия с предварительной затяжкой $C = 300H$.

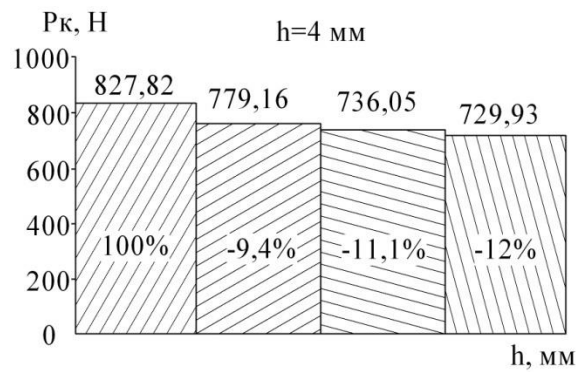


Рис. 6. Гистограмма сопротивления грунта копанию P_k профиля, традиционного и с разными предварительными усилиями затяжки пружины сжатия, где: 1 – усилие сопротивления грунта копанию, традиционным профилем без пружин; 2 - усилие сопротивления грунта копанию, профилем с пружинами сжатия с предварительной затяжкой $C = 200$ Н; 3 – усилие сопротивления грунта копанию, профилем с пружинами сжатия с предварительной затяжкой $C = 300$ Н; 4 - усилие сопротивления грунта копанию, профилем с пружинами сжатия с предварительной затяжкой $C = 424$ Н.

Основные результаты исследования и их численный анализ приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Результаты экспериментальных исследований копания грунта рабочим органом с упругими элементами.

Задаваемые параметры		Изменяемые параметры			
Глубина копания $h_{\hat{e}}, \text{м}$	Усилия затяжки $\tilde{N}, \text{Н}$	Объем срезаемого грунта $V = h_{\hat{e}} \cdot L_{\hat{E}} \cdot b_{\hat{E}} \cdot \delta, \text{м}^3$	Сопротивление грунта копанию $\hat{D}_{\hat{e}}, \text{Н}$	Работа $\hat{A} = \hat{D}_{\hat{e}} \cdot L_K, \text{Дж}$	Энергоемкость $\hat{A} = \frac{\hat{A}}{V}, \text{Дж} / \text{м}^3$
2	100	0,0002	729,99	36,50	182497,50
	100	0,0002	494,85	24,74	123712,50
	300	0,0002	360,21	18,01	90052,50
	300	0,0002	411,69	20,58	102922,50
4	100	0,0004	892,62	44,63	111577,50
	141	0,0004	918,81	45,94	114851,25
	200	0,0004	779,16	38,96	97395,00
	200	0,0004	736,05	36,80	92006,25
	424	0,0004	878,43	43,92	109803,75
	424	0,0004	729,93	36,50	91241,25
6	100	0,0006	729,39	36,47	60782,50
	200	0,0006	911,49	45,57	75957,50
	300	0,0006	737,97	36,90	61497,50
	300	0,0006	716,88	35,84	59740,00

Примечание, где: $L_K = 0.05$ м, $b_{\hat{E}} = 0.02$ м.

Графическая интерпретация полученных, результатов представлена на рис. 7-9.

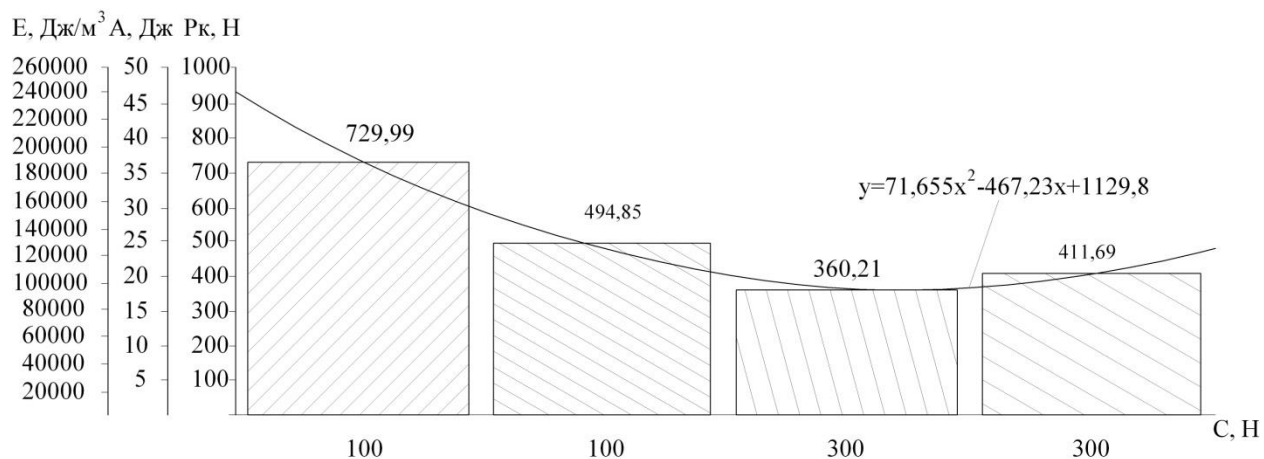


Рис.7. Гистограмма зависимости сопротивления грунта копанию P_K , работы A и энергоемкости E от предварительного усилия сжатия пружины и глубины резания

$$h \delta a_c = 2 \delta \delta$$

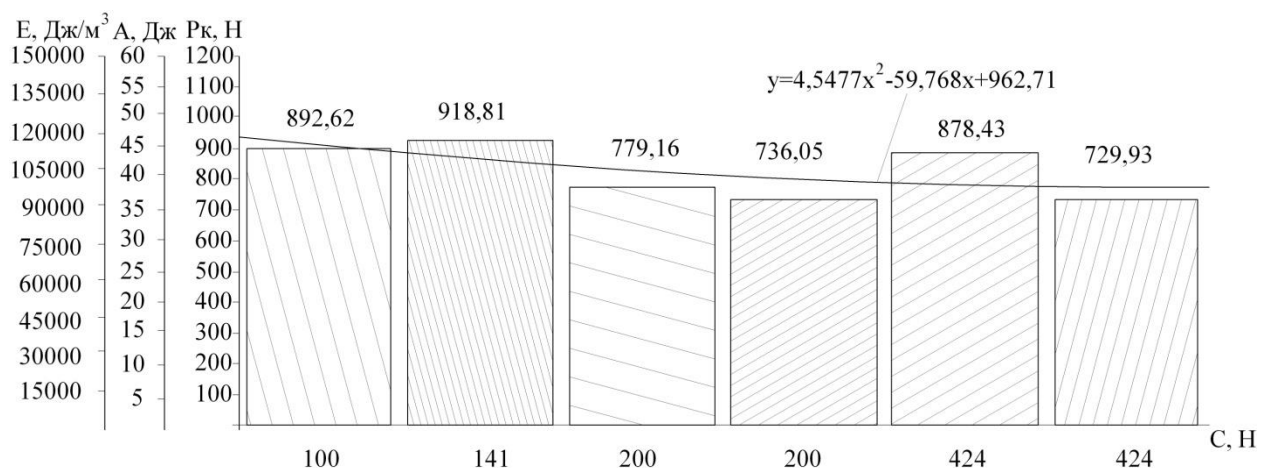


Рис. 8. Гистограмма зависимости сопротивления грунта копанию P_K , работы A и энергоемкости E от предварительного усилия сжатия пружины и глубины резания

$$h \delta a_c = 4 \delta \delta$$

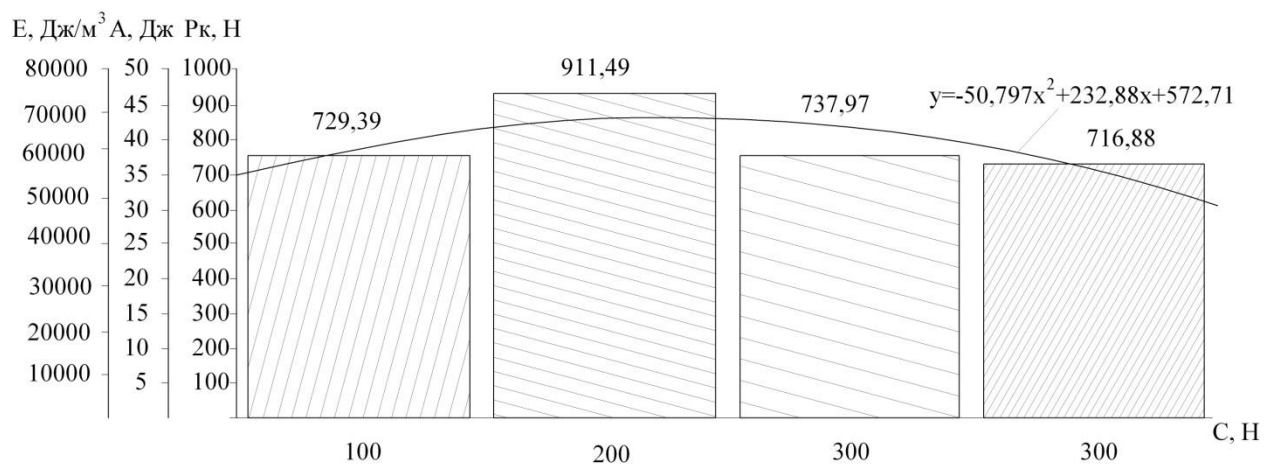


Рис. 9. Гистограмма зависимости сопротивления грунта копанию P_K , работы A и энергоемкости E от предварительного усилия сжатия пружины и глубины резания

$$h \delta a_c = 6 \delta \delta$$

Обработка массива данных была проведена с помощью программы для ПК Statgraphic 15 Plus for Windows.

В результате были получены регрессивные зависимости для среднего усилия резания для массы разработанного грунта:

– уравнение, определяющее среднее усилие копания P_K грунта рабочим органом с пружинами сжатия $P_K=f(X_1, X_2,)$:

$$P_K = 757,605 + 51,7833X_2 - 118,783X_1 - 23,8995X_2^2 + 30,5325X_2X_1 - 43,812X_1^2 \quad (1)$$

– уравнение, определяющие массу призмы волочения копания грунта G рабочим органом с пружинами сжатия $G = f(X_1, X_2,)$:

$$G = 415.0 + 8.62436X_2 - 145,444X_1 - 3,1252X_2^2 + 7,5X_2X_1 + 16,8749X_1^2 \quad (2)$$

Влияние усилия произвольного сжатия упругого элемента, установленного конструкцией рабочего органа представлено наглядно на рис. 10 и 11.

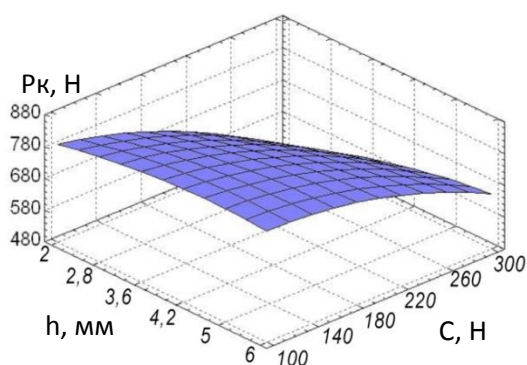


Рис. 10. Зависимость сопротивления грунта копанию P_K (Н) от предварительного усилия сжатия пружины C (Н) и глубины копания h (мм);

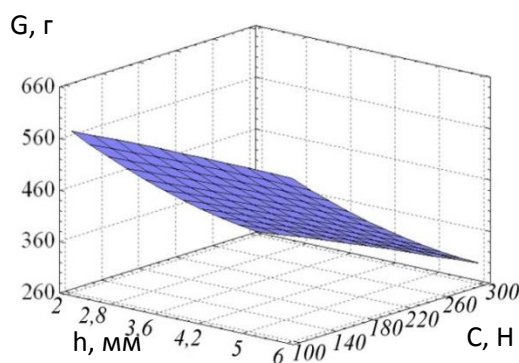


Рис. 11. Зависимость массы призмы волочения G (г) от предварительного усилия сжатия пружины C (Н) и глубины копания h (мм).

Выводы.

1. Подтвержден вероятностный характер отделение стружки грунта от массива в трехмерном пространстве по глубине внедрения, высоте стружки и ширине отвала широкозахватного рабочего органа;

2. Включение в одну из связей отвала с тяговой рамой упругого элемента с заданной предварительной затяжкой способствует уменьшению суммарного усилия разрушения массива грунта до 30%.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Пенчук. Современное состояния теорий резаний грунта. - «Материалы международной научно-технической конференции ИНТЕРСТРОЙМЕХ-2003», 2003, 134-137 с.

2. Хмара Л.А., В.А. Пенчук. Дальнейшее совершенствование конструкций комбинированных рабочих органов на базе метода функционального расчленения. – Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – Днепропетровск: ПГАСиА, 2006. - №12. С. 45-53.

2. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1993. – 383 с.

3. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. М., «Машиностроение», 1974, 232 с.

4. Пристайло Ю.П., Крупко В.А. Зависимость коэффициента энергоемкости рзания от параметров среза при полусвободном и свободном резании. «Горные, строительные и дорожные машины», 1976, вып. 22, С. 20-25.

5. Чудновский В.Ю. Критерии подобия грунтов при моделировании рабочего процесса роторных экскаваторов. – «Горные, строительные и дорожные машины», 1978, вып. 26, С. 33-38.

6. Смирнов В.Н. Особенности процессат разрушения грунтов при косом резании. – «Горные, строительные и дорожные машины», 1978, вып. 26, С. 52-56.

7. Крупко В.А., Смирнов В.Н. Размеры области пластической деформации модели грунта при резании плоским ножом. - Горные, строительные и дорожные машины: Респ. межвед. науч.-техн. сб. 1985, вып. 38, С. 47-50.

8. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.

УДК 621.878.6

Л.А. ХМАРА, докт.техн.наук, М.І. ДЕРЕВ'ЯНЧУК, ст. викл.,

Ю.С. ПКУШ, М.А. СПІЛЬНИК, магістр

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСА ЗАПОВНЕННЯ ГЛИБОКОЇ ПЕРЕДНЬОЇ ЗАСЛІНКИ КОВША СКРЕПЕРА

Вступ. Підвищення продуктивності скреперних агрегатів за рахунок збільшення об'єму завантажуваного ґрунту при сталих значеннях енергетичних затрат є важливою задачею.