

Л.А. Хмара, д.т.н., проф.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

С.И. Кононов, аспирант

Запорожская государственная инженерная академия

ВЫБОР ЭКСКАВАТОРОВ, СКРЕПЕРОВ, БУЛЬДОЗЕРОВ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ВЕДЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

Розглянута методика з визначення ефективного вибору машин для виконання земляних робіт. Подані рекомендації щодо вибору машин за показниками: питома матеріалоемність, питома енергоємність, узагальнений показник матеріалоемності й енергоємності. Представлено алгоритм і програмний продукт, які дозволяють здійснювати вибір машин, при цьому заощаджують матеріал та енергетичні ресурси.

Ключові слова: земляні роботи, енергоємність, енергетичні ресурси.

Рассмотрена методика по определению эффективного выбора машин для выполнения земляных работ. Даны рекомендации относительно выбора машин по показателям: удельная материалоемкость, удельная энергоёмкость, обобщенный показатель материалоемкости и энергоёмкости. Представлен алгоритм и программный продукт, которые позволяют осуществлять выбор машин, экономя материал и энергетические ресурсы.

Ключевые слова: земляные работы, энергоёмкость, энергетические ресурсы.

The article shows the proposed method to determine the effective selection of machines to perform the excavation. Recommendations are given the choice of machines for indicators: specific material, specific energy, the generalized index of material and energy intensity. The algorithm and software that allow the choice of machines, saving material and energy resources.

Key words: excavation work, energy, energy resources.

Постановка проблеми. Одной из актуальных проблем снижения материальных и энергетических затрат при производстве земляных работ является повышение эффективности выбора машин для земляных работ.

Анализ последних исследований и выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Для экономии материальных средств на современном этапе развития производства земляных работ имеются существенные резервы для повышения эффективности работ и снижения себестоимости за счет возможности моделирования на компьютере эффективности выбора машин для земляных работ, учитывая удельные показатели материалоемкости и энергоёмкости, а также обобщенного показателя энергоёмкости и материалоемкости выбранных машин из имеющегося парка с учетом поставленной задачи определения объема выполненных работ; времени выполнения работ; расстояния, на которое перемещается грунт; зависимости влияния уровня сложности производства земляных работ (типа грунта, угла естественного уклона грунта, времени года); технико-экономических и эксплуатационных показателей выбираемых машин [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Формулирование целей статьи. Цель работы – повышение эффективности строительства при ведении земляных работ за счет рационального выбора

строительных машин из имеющегося парка с учетом объемов и времени выполнения работ, технико-экономических и эксплуатационных параметров машин.

Изложение основного материала. В настоящее время решен ряд теоретических и практических задач, связанных с эффективностью выбора машины или комплекта машин, в которых рассмотрены пути повышения эффективности использования строительных машин, вопросы технологии и организации производства земляных работ на объектах. Определены технико-экономические и эксплуатационные показатели, которые являются приоритетными при выборе машин для земляных работ. При этом эффективным является обеспечение условий:

$$\Pi \rightarrow \max, G \rightarrow \min, N \rightarrow \min, G_{уд} \rightarrow \min, N_{уд} \rightarrow \min, \Pi_{NG} \rightarrow \min, C_{уд} \rightarrow \min, \Sigma C \rightarrow \min,$$

где Π – эксплуатационная производительность машины, $м^3/ч$;

G – масса выбранной машины, кг;

N – мощность выбранной машины, кВт;

$G_{уд}$ – удельный показатель материалоемкости, $\frac{кг \cdot ч}{м^3}$;

$N_{уд}$ – удельный показатель энергоёмкости, $\frac{кВт \cdot ч}{м^3}$;

Π_{NG} – обобщенный показатель по энергоёмкости и материалоемкости машины, $\frac{кг \cdot кВт}{(м^3/ч)^2}$;

$C_{уд}$ – удельная сумма затрат, $\frac{грн \cdot ч}{м^3}$;

ΣC – общая сума затрат, грн [1, 2, 3].

Разработка алгоритма имитационной модели выбора машин для земляных работ – это конечный набор правил, которые определяют последовательность операций для решения конкретного множества задач и обладают пятью важными чертами: конечность, определённость, ввод, вывод, эффективность.

Рассмотрим данную задачу, имея заказчика, для которого необходимо выполнить определенный объем работ Q , уложившись в отведенное время T_p , и подрядчика, у которого имеется парк строительных машин.

Алгоритм имитационной модели (рис. 1) состоит из взаимосвязанных блоков, которые включены в алгоритм, для реализации метода моделирования, а также для формирования и организации вывода, необходимого для анализа вариантов информации.

1. Подготовка и ввод исходных данных (земляные работы заданного объема, временной график, перемещение грунта на требуемое расстояние). Определяем теоретическую производительность, требуемую для выполнения объема работ в отведенный срок.

2. Формирование используемого парка машин.

3. Осуществляем расчёт подбора одной строительной машины для выполнения требуемого объема работ.

4. Расчет выбора эффективной машины начинаем с базового оборудования, сравнивая полученную производительность с теоретической. Если нас не устраивает полученная производительность, то мы меняем базовый рабочий орган (РО) на модернизированный.

5. Для выбранных машин определяем удельные затраты и себестоимость.

6. Анализируем полученные результаты. Осуществляем выбор машины или нескольких машин и повторяем расчёт.

Используя разработанный алгоритм выбора машины, разрабатываем программный продукт с интерфейсом программы расчета на основе приложения Ms «Access» (рис. 2 – 10), который является реляционной системой управления базами данных (СУБД) и поддерживает все средства и возможности по обработке данных.

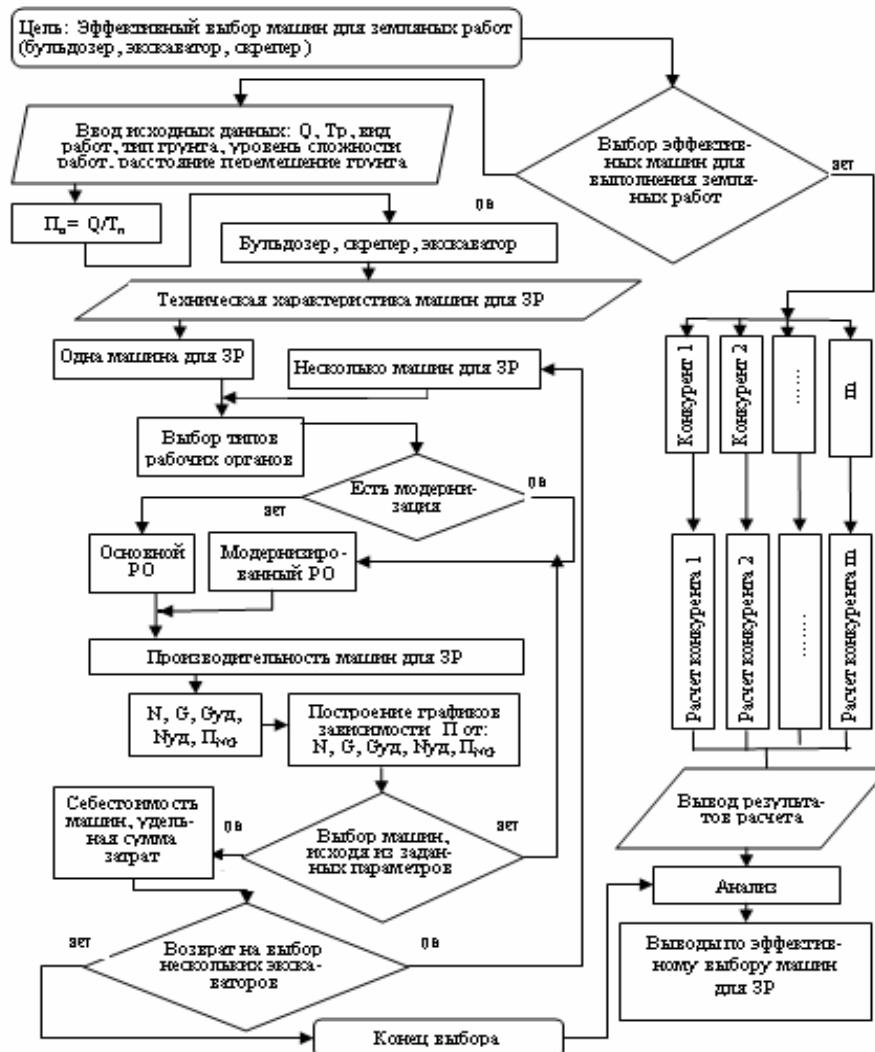


Рисунок 1 – Алгоритм эффективного выбора машин для земляных работ (экскаватора, бульдозера, скрепера)

Применена технология ActiveX, позволяющая использовать разработку других программ (ABK-5 (5-2.8.0), Excel, Word) в своём программном продукте [3].

Разработка данной программы позволяет выбрать эффективную машину, решив поставленные задачи определения объёма выполненных работ, времени для выполнения работы, типа грунта, влияния уровня сложности при производстве земляных работ, технико-экономических и эксплуатационных показателей машины; удельных показателей материалоемкости и энергоёмкости, обобщенного показателя материалоемкости и энергоёмкости, расстояния, на которое перемещается грунт, влияния модернизированных рабочих органов на производительность и себестоимость.

Используя программу Ms «Access», создаем базу данных на машины. Строим гистограммы (рис. 11 – 22) изменения производительности машины в зависимости от материалоемкости, энергоёмкости, обобщенного показателя энергоёмкости и материалоемкости. Кроме этого, в программе заложены коэффициенты, учитывающие эффективность комбинированных методов интенсификации воздействия на грунт. При этом одна и та же модель машины может иметь разную производительность за счет использования как традиционных конструкторских решений рабочего органа, так и применения методов интенсификации. Данные анализируются и заносятся в таблицу 1, где приведен строительный технологический процесс, состоящий из n -го количества машин, которые в свою очередь могут иметь i -тое количество модернизаций как машины, так и её рабочего органа, приводящие к максимальной экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов, а показатели стремятся к: $G_{уд\ эф} = G_{уд\ min}$; $N_{уд\ эф} = N_{уд\ min}$; $C_{уд\ эф} = C_{уд\ min}$; $\Pi_{NG\ эф} = \Pi_{NG\ min}$; $\Sigma C_{эф} = \Sigma C_{min}$. [1, 2].



Рисунок 2 – Главный интерфейс программы:
1 – выбираем исходные данные по заданному объекту

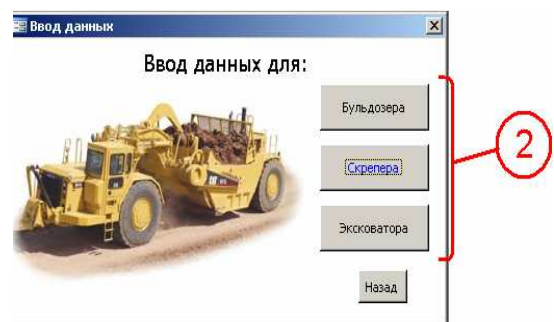


Рисунок 3 – Выбор типа машины:
2 – выбор типа машины

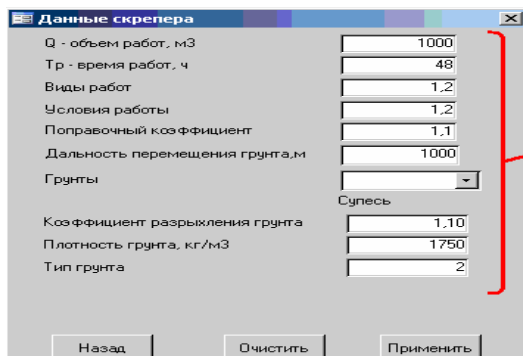


Рисунок 4 – Ввод данных по объекту:
3 – вводим исходные данные по заданному объекту



Рисунок 5 – Интерфейс программы
выбора коэффициентов:
4 – выбираем коэффициенты

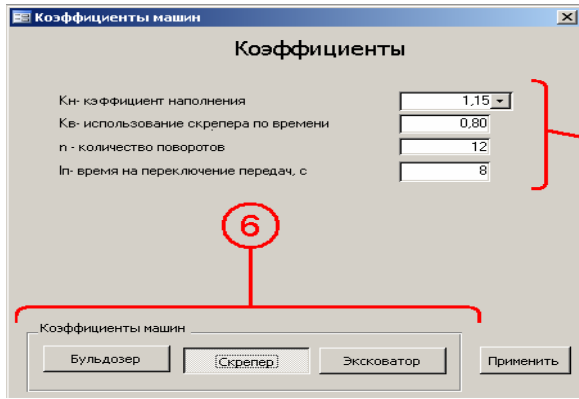


Рисунок 6 – Выбор коэффициентов: 5 – выбираем общие исходные данные и коэффициенты; 6 – подбираем коэффициенты по выбранной машине

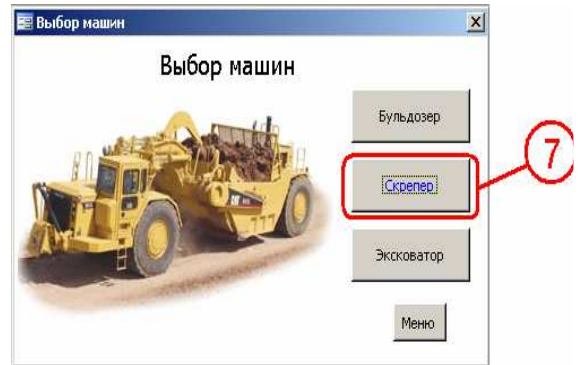


Рисунок 7 – Выбор машины: 7 – используя исходные данные (производительности, времени, за которое необходимо выполнить работу, и дальности перемещения), осуществляем выбор машины

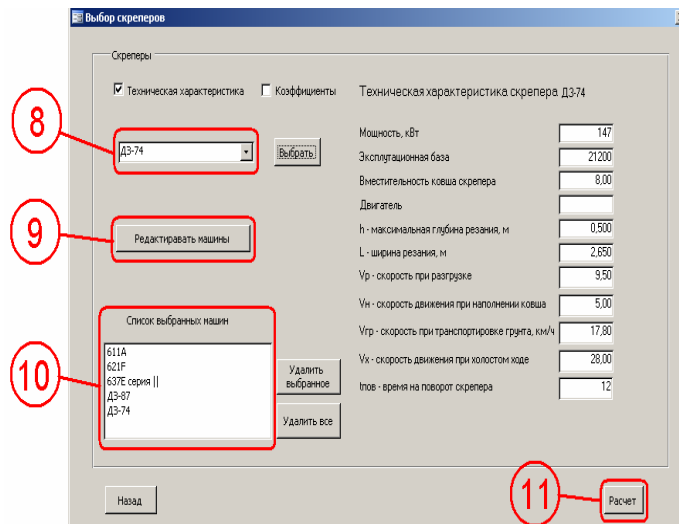


Рисунок 8 – Интерфейс выбора машины с технической характеристикой: 8 – из предложенного парка машин подбираем технику, свободную в данное время; 9 – корректировка и добавление при необходимости машин и их параметров; 10 – список машин, выбранных для выполнения заданной операции; 11 – расчёт

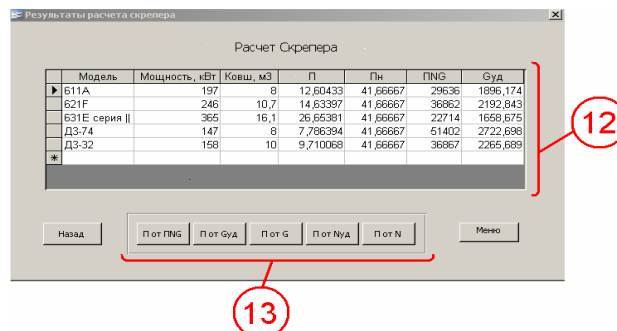


Рисунок 9 – Результаты расчёта: 12 – результаты расчёта; 13 – кнопки обработки информации для построения графиков

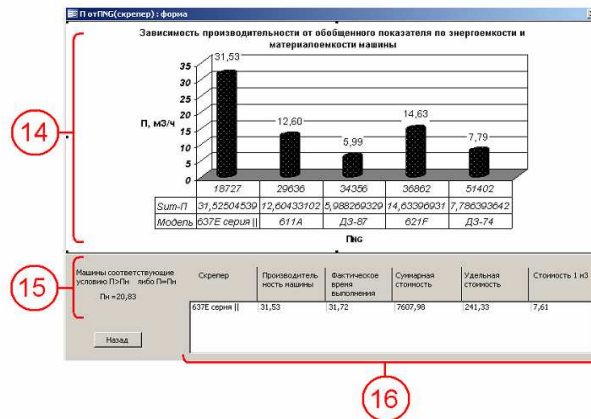


Рисунок 10 – Построение гистограмм: 14 – строим гистограммы по имеющимся расчётам; 15 – выбор машин, по условию $P > P_n$. Всё, что по эксплуатационной производительности меньше теоретической, автоматически не учитывается при выводе окончательного результата; 16 – список машин, по которому осуществляется выбор эффективной машины, исходя из предложенных параметров

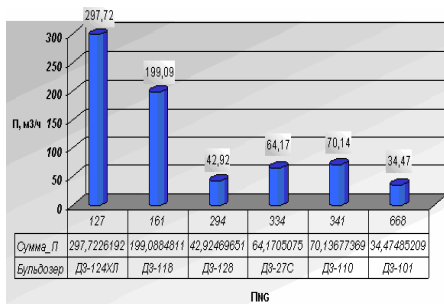


Рисунок 11 – Зависимость обобщенного показателя по энергоёмкости и материалоемкости от производительности бульдозера

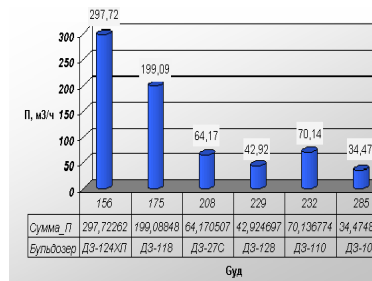


Рисунок 12 – Зависимость материалоемкости от производительности бульдозера

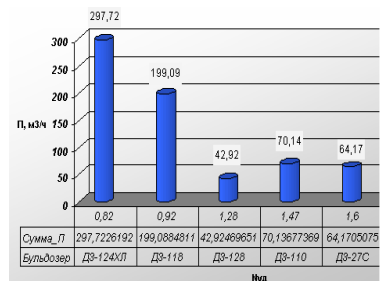


Рисунок 13 – Зависимость энергоёмкости от производительности бульдозера

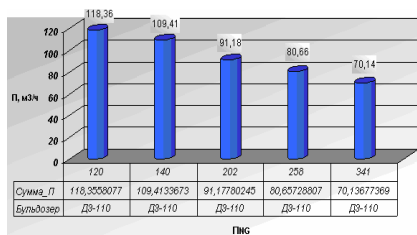


Рисунок 14 – Зависимость обобщенного показателя по энергоёмкости и материалоемкости от производительности бульдозера

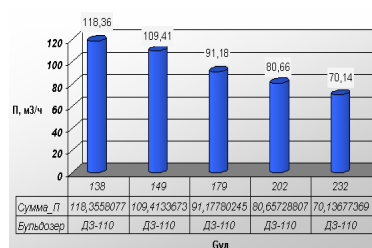


Рисунок 15 – Зависимость материалоемкости от производительности бульдозера

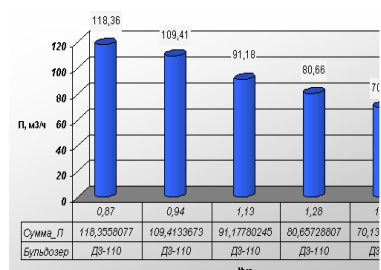


Рисунок 16 – Зависимость энергоёмкости от производительности бульдозера

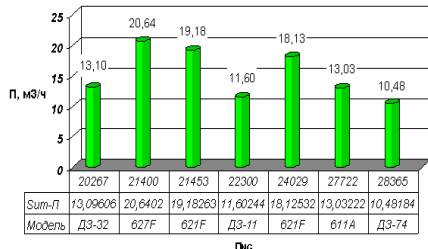


Рисунок 17 – Зависимость обобщенного показателя по энергоёмкости и материалоемкости от производительности скрепера

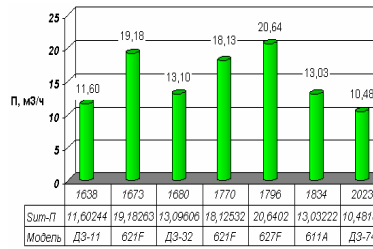


Рисунок 18 – Зависимость материалоемкости от производительности скрепера

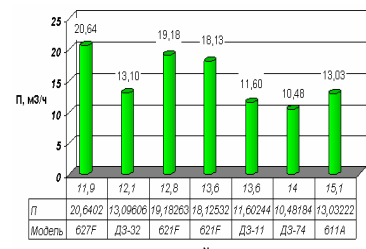


Рисунок 19 – Зависимость энергоёмкости от производительности скрепера

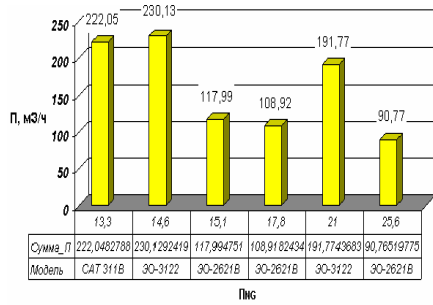


Рисунок 20 – Зависимость обобщенного показателя по энергоёмкости и материалоемкости экскаватора от производительности

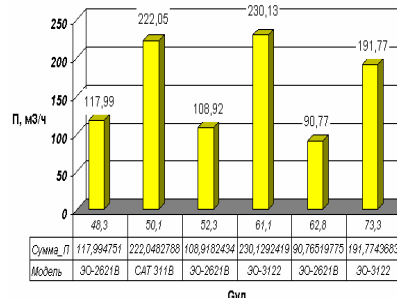


Рисунок 21 – Зависимость материалоемкости экскаватора от производительности

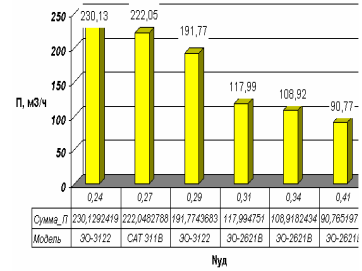


Рисунок 22 – Зависимость энергоёмкости экскаватора от производительности

Таблица 1 – Выбор эффективной машины с максимальной экономией материальных, энергетических и трудовых ресурсов

Наименование	Модернизация машины или рабочего органа	Номер машины					min $G_{уд}$	min $N_{уд}$	min $C_{уд}$	min Π_{NG}	min ΣC
		1	2	3	...	n					
Машины для земляных работ	1	$G_{уд1.1},$ $N_{уд1.1},$ $C_{уд1.1},$ $\Pi_{NG1.1}$ $\Sigma C_{1.1}$	$G_{уд1.2},$ $N_{уд1.2},$ $C_{уд1.2},$ $\Pi_{NG1.2},$ $\Sigma C_{1.2}$	$G_{уд1.3},$ $N_{уд1.3},$ $C_{уд1.3},$ $\Pi_{NG1.3}$ $\Sigma C_{1.3}$...	$G_{уд1.n},$ $N_{уд1.n},$ $C_{уд1.n},$ $\Pi_{NG1.n},$ $\Sigma C_{1.n}$	$G_{уд\text{эф}}$	$N_{уд\text{эф}}$	$C_{уд\text{эф}}$	$\Pi_{NG\text{эф}}$	$\Sigma C_{\text{эф}}$
	2	$G_{уд2.1},$ $N_{уд2.1},$ $C_{уд2.1},$ $\Pi_{NG2.1}$ $\Sigma C_{2.1}$	$G_{уд2.2},$ $N_{уд2.2},$ $C_{уд2.2},$ $\Pi_{NG2.2}$ $\Sigma C_{2.2}$	$G_{уд2.3},$ $N_{уд2.3},$ $C_{уд2.3},$ $\Pi_{NG2.3}$ $\Sigma C_{2.3}$...	$G_{уд1.n},$ $N_{уд1.n},$ $C_{уд1.n},$ $\Pi_{NG1.n}$ $\Sigma C_{1.n}$					
	3	$G_{уд3.1},$ $N_{уд3.1},$ $C_{уд3.1},$ $\Pi_{NG3.1}$ $\Sigma C_{3.1}$	$G_{уд2.2},$ $N_{уд2.2},$ $C_{уд2.2},$ $\Pi_{NG2.2}$ $\Sigma C_{1.2}$	$G_{уд3.3},$ $N_{уд3.3},$ $C_{уд3.3},$ $\Pi_{NG3.3}$ $\Sigma C_{3.3}$...	$G_{уд1.n},$ $N_{уд1.n},$ $C_{уд1.n},$ $\Pi_{NG1.n}$ $\Sigma C_{1.n}$					
						
	i	$G_{уд i.1},$ $N_{уд i.1},$ $C_{уд i.1},$ $\Pi_{NG i.1}$ $\Sigma C_{i.1}$	$G_{уд i.2},$ $N_{уд i.2},$ $C_{уд i.2},$ $\Pi_{NG i.2},$ $\Sigma C_{i.2}$	$G_{уд i.3},$ $N_{уд i.3},$ $C_{уд i.1},$ $\Pi_{NG i.3},$ $\Sigma C_{i.3}$...	$G_{уд1.n},$ $N_{уд1.n},$ $C_{уд1.n},$ $\Pi_{NG1.n}$ $\Sigma C_{1.n}$					

Выводы. Проведенные исследования и анализ позволяют утверждать, что эффективный выбор машин для ведения земляных работ возможно осуществлять по показателям удельной материалоёмкости, удельной энергоёмкости, обобщенному показателю материалоёмкости и энергоёмкости с учетом параметров объема работ, времени их выполнения, условий ведения работ, экономии материальных и энергетических ресурсов. Для этого разработан комплексный подход, включающий алгоритм и программный продукт.

ЛИТЕРАТУРА

1. 1. *Строительные работы и манипуляторы* / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара, В.П. Станевский, П.И. Немировский. – К.: Будівельник, 1991. – 137 с.
2. 2. Баловнев В.И. *Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве* / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1983. – 184 с.
3. 3. *Программа Copyright НПФ «АВК Созидатель» АВК-5 (5-2.8.0) Ресурсная стоимостная документация в инвесторских сметах, договорных ценах контрактов, производстве строительных работ. 1994–2008 гг.*

4. 4. Тяг Р.Б. *Управління проектами. навч. посібник* / Р.Б. Тяг, Б.И. Холод, В.А. Ткаченко. – Д.: Дніпропетровська академія управління бізнесу та права, 2000. – 224 с.

5. 5. Павлов И.Д. *Модели управления проектами: учеб. пособие* / И.Д. Павлов, А.В. Радкевич. – Запорожье: ГУ «ЗИДГМУ», 2004. – 320 с.

6. 6. Канторер С.Е. *Методы обоснования эффективности применения машин в строительстве* / С.Е. Канторер. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Издательство литературы по строительству, 1969. – 295 с.

7. 7. Канюка Н.С. *Комплексная механизация трудоёмкости работ в строительстве* / Н.С. Канюка, А.В. Резуник, А.А. Новацкий. – К.: Будівельник, 1977. – 256 с.

8. 8. Кудрявцев Е.М. *Комплексная механизация, автоматизация и механоооруженность строительства* / Е.М. Кудрявцев. – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.

9. 9. *Моделирование и применение вычислительной техники в строительном производстве: справочное пособие. Под редакцией А.А. Гусакова.* – М.: Стройиздат, 1979. – 382 с.

10. 10. Дервянко С.Н. *Оптимальная механизация скоростного строительства автомобильных дорог* / С.Н. Дервянко. – Харьков: Вища школа, 1983. – 128 с.

11. 11. Аненкова О.С. *Методика рационального распределения машин для земляных работ по объектам строительства* / О.С. Аненкова // *Механизация и автоматизация строительства: сб. науч. трудов.* – К., 1991. – С. 82 – 83.

Надійшла до редакції 27.01.2010 р.

© Л. А. Хмара, С.И. Кононов