

УДК 62-231

Қайым Т.Т.¹, Грибанов В.Ф.¹, Каимов С.Т.², Каимов¹А.Т.

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И.Сатпаева (г.Алматы, Республика Казахстан)

²Казахский национальный университет имени Аль-Фараби

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБЛИКА ЗЕМЛЕРОЙНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН НА ПРИМЕРЕ БУЛЬДОЗЕРА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГРУНТА (РОССЫПИ, ТОРФ)

Разработана и создана математическая модель построения перспективного облика землеройно-строительных машин на примере бульдозера и функционально-структурная оценка его, сведенная к решению многокритериальной задачи, основывающейся на одном из следующих методических принципов: свёрстка системы частных критериев в обобщенный критерий требуемого эффекта (эффективности); назначение главного критерия и ограничений по остальным показателям. Приведены результаты расчета параметров функционально-экономической модели оценки перспективного облика землеройно-строительных машин на примере бульдозера в течение заданного периода времени, выполненные для условного примера.

Designed and developed the mathematical model building perspective image of earth-moving and construction machinery for example bulldozers and functional-structural assessment it is reduced to the solution of a multicriteria problem, based on the following methodological principles: svestka system of individual criteria in the generalized criterion of the desired effect (effectiveness); the appointment of a chief criterion and restrictions on other indicators. The results of calculation of parameters of functional-economic model evaluation of promising appearance zimmereinheiten machines on the example of a bulldozer during a given period of time, made for an illustrative example.

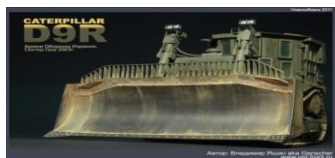
Ключевые слова: математическая модель, перспективный облик, землеройно-строительные машины, функционально-экономические параметры

Keywords: mathematical model, promising appearance, earthmoving and construction machines, functional-economic parameters.

В современный период времени (начало XXI века) резко увеличивается масштаб применения некоторых землеройно – строительных машин (ЗСМ), к которым относятся бульдозеры. Этот факт обуславливается тем, что бульдозеры все шире эксплуатируются при разработке россыпных месторождений полезных ископаемых во многих горнодобывающих странах мира: США, Канада, Китай, Россия, Австралия, Новая Зеландия, Южная Африка, Бразилия, Чили, Венесуэла и т.д. При этом при эксплуатации россыпных месторождений добывается около 90% золота, серебра, платины, вольфрама, молибдена и редких металлов [1]. Также бульдозеры широкомасштабно применяются при разработке торфа, являющегося основным сырьем для тепловых электростанций [2].

Существующие варианты конструкций бульдозеров, производимых в разных странах мира, приведены на рисунке 1.

а) бульдозер Катерпиллер (США)



б) бульдозер Коматсу (Япония)



в) бульдозер (Германия)

г) бульдозер (Россия, Беларусь)



Рисунок 1. Конструкции различных современных бульдозеров:

- а) бульдозер Катерпиллер (США); б) бульдозер Коматсу (Япония);
в) бульдозер (Германия); г) бульдозер (Россия, Беларусь).

Переход от существующего облика (начального состояния) совокупности машин к его новому облику перспективного состояния машин осуществляется с целью повышения эффективности (результативности) их эксплуатации. Эффективность определяется как отношение полученного эффекта к затратам, вложенными на его достижение, либо для достижения того и другого, то есть требующегося эффекта с возможно меньшими экономическими и материальными затратами. Для расчета реальных экономических параметров бульдозера нужно иметь информацию о значениях параметров существующей и предполагаемой перспективной машины. В общем виде методологический подход к обоснованию и выбору рационального варианта облика машины основывается на основных принципах системного анализа и синтеза сложных структур по критерию "эффективность-стоимость" [3].

Решение задачи экономической оценки вариантов облика перспективного бульдозера должно осуществляться методом двухуровневой оптимизации по схеме многокритериального анализа альтернатив. В качестве частных показателей эффективности бульдозера при его эксплуатации выступает экспертный анализ оценки вариантов решения по результатам патентно-информационного поиска. На основе преобразования результатов экспертного анализа предложено учитывать следующие показатели оценки эффективности бульдозера: (X_1) – адаптивность, т.е. свойство приспособляемости к условиям эксплуатации; (X_2) – ремонтпригодность, т.е. качество, заключающееся в приспособленности к восстановлению исправности конструктивных элементов бульдозера путем предупреждения, обнаружения и устранения неисправностей и отказов их; (X_3) – долговечность, т.е. свойство изделия длительно (с возможными перерывами на ремонт) сохранять работоспособность в определенных условиях эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния; (X_4) – безотказность машин, т.е. свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации; (X_5) – экономичность, т.е. выполнение технологических операций с наименьшими затратами; (X_6) – производительность, т.е. скорость выполнения производственных операций; (X_7) – сложность системы управления, т.е. количество уровней управления; (X_8) – срок службы конструктивных элементов ходовой части и механизмов передвижения бульдозера; (X_9) – качество структурно-кинематических схем исполнительных механизмов бульдозера, т.е. возможность точного воспроизведения запрограммированного движения бульдозера и распределения усилий между звеньями его конструкции.

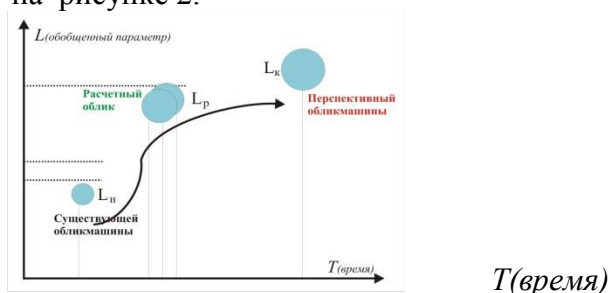
В данной модели первые девять критериев (X_1) – (X_9) составляют базовую часть. Для получения более полного представления об эффективности строительных машин предложен дополнительный параметр к базовой модели – (X_{10}) – степень восприятия конструктивного решения машины инновационными изменениями, проводимыми в соответствии с требованиями ее эффективного функционирования.

Матрица основных эксплуатационных параметров математической модели перспективного облика ЗСМ на примере бульдозера, эксплуатируемого при разработке грунта (россыпи, торф), представлена в виде наличия эксплуатационных параметров обозначено "1", а отсутствие их – "0".

В процессе разработки и создании математической модели построения перспективного облика ЗСМ на примере бульдозера функционально-структурная оценка его сведена к решению задачи: свёрстка системы частных критериев в обобщенный критерий требующегося эффекта (эффективности).

Данные критерии характеризуют структуру, надежность, адаптивность к условиям технологического процесса, производительность, оснащённость сменными рабочими органами, систему управления, инфраструктуру и всестороннее обеспечение запасными частями и др. Они во многом определяют функциональные и экономические параметры ЗСМ на примере бульдозера, которые связаны с затратами, необходимыми для реализации мероприятий по достижению ее цели и поддержанию функциональных показателей на необходимом уровне.

Графическое представление процесса формирования перспективного облика бульдозера представлено на рисунке 2.



L_n – существующий облик бульдозера; L_k – перспективный облик бульдозера

Рисунок 2. Графическое представление процесса формирования перспективного облика бульдозера.

Реализация алгоритма выбора многих критериев заключается в построение обобщенного критерия путем линейной свертки критериев. Он сводится к тому, что обобщенный критерий выражается как линейная комбинация значений остальных критериев:

$$U(x) = \sum w_i x_i, \quad (1)$$

где: w_i – вес (важность) i -го критерия, назначенный экспертами;
 x_i – количественная оценка по X_i -му критерию.

Структура облика бульдозера изменяется за счет проводимых мероприятий, направленных на увеличение значения того или иного его параметра. Решение задачи сводится к тому, чтобы перестроить структуру состояния облика бульдозера, стремясь приблизить ее к конечному, целевому состоянию.

Экономическая часть расчетного блока излагаемой методики начинается с определения потребности финансовых средств для реализации плана формирования нового облика бульдозера в полном объеме и времени, необходимого для достижения этой цели при заданном уровне финансирования, которые определяются по формуле:

$$\Phi = \sum (K_i - C_i) \cdot S_i, \quad (2)$$

где Φ – потребность в дополнительных финансовых средствах для реализации программы формирования нового облика бульдозера при заданном уровне финансирования; K_i – значение i -ого параметра перспективного облика бульдозера; C_i – значение i -ого параметра существующего облика бульдозера; S_i – цена за единицу i -ого мероприятия формирования нового облика бульдозера.

Срок T , в течение которого будет реализована программа формирования нового облика бульдозера, определяется по формуле:

$$T = \Phi / F, \quad (3)$$

где T – срок, в течение которого будет реализована программа формирования нового облика бульдозера;

Φ – потребность в дополнительных финансовых средствах для реализации программы формирования перспективного облика бульдозера при заданном уровне финансирования.

После этого рассчитывается норма отклонения начального состояния существующего облика бульдозера от его конечного целевого состояния, выраженная в процентах, которая определяется по формуле:

$$N = (\sum C_i / K_i) / I, \quad (4)$$

где N – норма существующего состояния облика бульдозера;

I – общее количество параметров, характеризующих структуру существующего облика бульдозера.

Окончательное решение задачи сводится к поиску максимального значения нормы отклонения достигнутых параметров состояния перспективного облика бульдозера при заданном уровне финансирования:

$$H \rightarrow \max; \quad H = (\sum P_i / K_i) / I; \quad (5)$$

и

$$F = \sum (P_i - C_i) \cdot S_i, \quad (6)$$

где H – норма достигнутого состояния перспективного облика бульдозера;

P_i – значение i – ого параметра достигнутого перспективного облика бульдозера;

S_i – цена за единицу i – ого мероприятия формирования перспективного облика бульдозера;

F – заданный уровень (выделенное) финансирования на формирование перспективного облика бульдозера в течение определенного периода времени (как правило, в течение одного года);

K_i – значение i – ого параметра конечного, целевого перспективного облика бульдозера;

C_i – значение i – ого параметра существующего облика бульдозера;

i – порядковый номер параметра структуры существующего облика бульдозера.

Результаты расчета параметров функционально-экономической модели оценки перспективного облика ЗСМ на примере бульдозера в течение заданного периода времени, выполненный для условного примера, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Исходные данные и результаты расчета перспективного облика бульдозера для условного примера.

Облик бульдозера					
Выделенные финансовые средства, единица, 70	Потребные финансовые средства, единица, 144	Срок достижения цели, год, 2,5	Норма начального состояния, %, 64,	Норма достигнутого состояния, %, 81	
Результаты расчета					
Наименование параметра	Исходное состояние	Требуемый облик	Цена за единицу	Полученный облик, %	Достижение цели, %
Безотказность бульдозера	38	50	2	39	78
Ремонтопригодность	16	20	2	16	80
Долговечность	4	10	2	8	80
Производительность	16	20	5	16	80
Адаптивность	8	10	5	8	80
Сложность управления	7	15	5	12	80
Структура конструкции бульдозера	3	4	10	4	100

Срок эксплуатации бульдозера	1	3	10	3	100
------------------------------	---	---	----	---	-----

Задача решается в два этапа. На первом этапе определяется потребность в денежных средствах и продолжительность периода времени, необходимого для достижения цели. В условном примере они, соответственно, составляют 144 единицы и 2,5 года. Норма начального состояния облика бульдозера определяется в процентах. В условном примере она равняется 64%.

На втором этапе детализируется расчет, где определяются достигнутые рассчитанные показатели относительно конечного, целевого параметра состояния перспективного облика бульдозера. На рисунке 3 представлены отклонения каждого рассчитанного показателя относительно конечного перспективного облика бульдозера. Структура достигнутого перспективного облика бульдозера существенно изменилась, значения одного параметра (в условном примере он имеет номер 8), составляющее на начальное состояние 33%, достигло 100%.

Лепестковая диаграмма результатов расчета показателей перспективного облика бульдозера, произведенных для условного примера, приведена на рисунке 3.

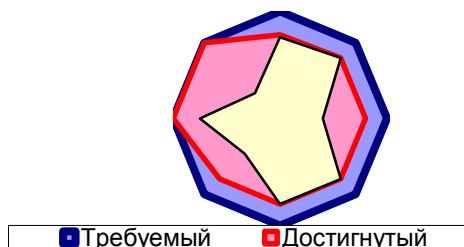


Рисунок 3. Лепестковая диаграмма результатов расчета показателей перспективного облика бульдозера, проведенных для условного примера.

Общие выводы и заключение:

Разработана и создана математическая модель построения перспективного облика землеройно-строительных машин на примере бульдозера и функционально-структурная оценка его, сведенная к решению многокритериальной задачи, основывающейся на одном из следующих методических принципов: свёрстка системы частных критериев в обобщенный критерий требуемого эффекта (эффективности); назначение главного критерия и ограничений по остальным показателям. Приведены результаты расчета параметров функционально-экономической модели оценки перспективного облика землеройно-строительных машин на примере бульдозера в течение заданного периода времени, выполненные для условного примера.

Литература:

1. Флеров И.Б. Россыпи /Горная энциклопедия. Том 4 (Ортия-Социосфера). – М: Издательство: «Советская энциклопедия», 1989. - С. 400.
2. Ларин И.Ф. Торф. /Горная энциклопедия. Том 5 (СССР-Яшма). – М.: Издательство «Советская энциклопедия», 1991. - С. 166-171.
3. Кайым Т.Т. Адаптирующиеся многоцелевые рабочие органы строительных и дорожных машин. /Монография. – Алматы, 1998. - 148 с.
4. Кайым Т.Т., Каимова Г.Т., Таиров Ж.Л. Структурно- кинематический синтез параметров адаптивного исполнительного механизма РО ПТСДМ. Научный журнал - «Поиск» МОиНПК № 2(2). – Алматы, 2013. - С. 17-22.
5. Кайым Т.Т., Таиров Ж.Л. Обоснование и выбор параметров адаптирующихся подвески механизма навесного оборудования бульдозера. Сборник материалов Международной конференции, посвященной 90-летию академика О.Д. Алимова. - Бишкек, 2013. - С. 31-35.
6. Кайым Т.Т., Сейтбаталов С.М., Шокаев Е.И. Механизация перегрузочных работе на транспорте. Монография. – Алматы, 2002. - 323 с.

7. Кайым Т.Т., Джолдасбеков С.У., Джуматаев М.С., Грибанов В.Ф., Таиров Ж.Л., Каимов А.Т., Каимов С.Т. и др. Положительное решение на выдачу инновационного патента на изобретение по заявке № 1361. «Бульдозерное оборудование».РК. – Астана, 2015. - 17 с.

8. Гусев С.А., Хайсаров Р.О. Основные характеристики бульдозерного оборудования с полусферическим отвалом для различных классов гусеничных тракторов. // Строительные и дорожные машины. 2015 № 9. - С. 2-7.

9. Баловнев В.И., Данилов Р.Г. Система регулирования глубины резания грунтов. // Строительные и дорожные машины. 2015, № 9. - С. 48-51.

10. Курилов Е.В., Трошин Д.М. Повышение эффективности бульдозерных отвалов. // Строительные и дорожные машины. 2015, № 9. - С. 19-22.