

Н. Д. Селиверстов

ГОУ ВПО «МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» (МАДИ)
Москва, Россия

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БУЛЬДОЗЕРНО-РЫХЛИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье представлен анализ существующих методов и рекомендаций выбора бульдозерно-рыхлительного агрегата в зависимости от условий эксплуатации. Рассмотрено определение основных показателей технической эффективности бульдозера, влияние времени цикла на основные показатели. Представлена методика определения оптимальных параметров машин в зависимости от условий эксплуатации.

Различные по назначению бульдозеры-рыхлители применяются для строительных работ, объемных земляных работ в карьерах или разравнивания поверхности на небольших площадках, для работ в угольной и горной промышленности, а так же по захоронению промышленных отходов. Каждым крупным производителем предложены машины различной массы и мощности, а также множество рабочего оборудования, которое можно на эти машины установить.

Управление процессом работы бульдозера-рыхлителя осуществляется с помощью передовых компьютерных и навигационных систем, устанавливаемых как в компьютере диспетчерского центра производителя работ, в сервисном центре обслуживания, так и в бортовом компьютере машины.

Эффективность машин в конкретных условиях эксплуатации оценивается по комплексному показателю себестоимости единицы продукции – Сеп.

Рекомендации расчета показателя представлены в издании Caterpillar Performance Handbook, Illinois, USA, Feb 2007. Идентичные рекомендации представлены в каталогах таких компаний как: Komatsu, Volvo Construction Equipment, Dressta и других.

Себестоимость единицы продукции увеличивается при росте удельных затрат на содержание и обслуживание машины и уменьшается с ростом производительности агрегата.

$$C_{\text{еп}} = \frac{C}{\Pi} = \frac{C_1 + C_2 + C_3}{\Pi_{\text{max}} \cdot \prod_1^n K_1 \dots K_n},$$

где C_1 – затраты на покупку и содержание машины; C_2 – затраты на плановое ТО и ремонт машины; C_3 – заработная плата оператора; P – табличное значение максимальной производительности агрегата; $K_1 \dots K_n$ – коэффициенты, корректирующие производительность.

Максимальная производительность агрегатов $P_{\max}$ корректируется рядом коэффициентов, характеризующих условия эксплуатации. Коэффициенты, уменьшающие и увеличивающие табличную производительность, учитывают следующие факторы:

- уровень подготовки оператора;
- уклон местности;
- тип рабочего материала;
- эффективность работы (количество минут работы в часе);
- видимость рабочей зоны (ночь, дождь, снег, туман);
- траншейное копание;
- работа двух агрегатов бок о бок.

Также учитывается влияние высоты над уровнем моря на мощность и тяговое усилие БРА.

Дополнительно предлагаются способы определения реальной производительности экспериментальным путем. Замеряется время цикла, объем или вес грунта призмы волочению.

Для заданных условий эксплуатации подбирается агрегат с наименьшим показателем себестоимости единицы продукции.

Таким образом, происходит оптимизация бульдозерно-рыхлительного агрегата (БРА) по себестоимости единицы продукции. С ростом массы и мощности агрегата увеличиваются как производительность, так и затраты.

Выбор техники для определенных условий эксплуатации по представленной методике производится каждым производителем в пределах каталога своего продукта.

Максимальная табличная производительность определена экспериментальным путем для условий, которые не оговариваются в методике.

Не предусматривается определение производительности в зависимости от технических параметров машины m , N , q , V , и др. и условий эксплуатации на этапе планирования работ. Производительность агрегата с наименьшим показателем себестоимости единицы продукции не обязательно будет максимальной в заданных условиях эксплуатации.

Методика определения оптимальных технических параметров в зависимости от условий эксплуатации позволяет выявить агрегат, обеспечивающий минимальные сроки выполнения и максимальную производительность работ.

Для оптимизации выбора БРА создается компьютерная программа. Входные данные программы – объем работ, карта местности и грунтовые условия. Программа определяет агрегат с параметрами массы и мощности оптимальными для заданных условий эксплуатации.

До использования программы необходимо установить основное назначение - в каких условиях и для каких целей агрегат будет использоваться в течение периода его эксплуатации. Это необходимо для выбора рабочего оборудования, бульдозерного и рыхлительного, которое отличается для строительных, горнопромышленных и других работ.

Затем определяются необходимые для данных условий работы оптимальные параметры агрегата.

Определение параметров машины и их выбор в зависимости от условий работы требует наличия системы показателей, обеспечивающих объективную оценку техники, характеризующих степень технической эффективности машины в соответствующих условиях эксплуатации с учетом цели, поставленной перед производителями работ.

$$\text{Производительность } \Pi = \frac{q \cdot k_1}{t_u}.$$

$$\text{Удельная энергоемкость } N_{yo} = \frac{N \cdot t_u}{q \cdot k_1}.$$

$$\text{Удельная материалоемкость } m_{yo} = \frac{m \cdot t_u}{q \cdot k_1}.$$

Обобщенный удельный показатель энергоемкости и материалоемкости

$$\Pi_{Nm} = \frac{N \cdot m \cdot t_u^2}{q^2 \cdot k_1^2}.$$

Эксплуатационные затраты по величине себестоимости машиночаса

$$C_{\varepsilon} = C_{мч} \cdot t_u.$$

Повышение производительности бульдозера-рыхлителя, снижение эксплуатационных затрат, а так же снижение удельных материалоемкости и энергоемкости зависят от рационального использования времени.

Продолжительность времени цикла t_u является объективным показателем, определяющим, в ряде случаев, эффективность использования машины. Определив параметры агрегата, при которых время его цикла будет наименьшим, можно выбрать наиболее эффективную машину с максимальной производительностью и минимальными затратами для заданных условий эксплуатации.

Рабочий цикл БРА состоит из двух циклов: времени рабочего цикла рыхлителя и времени цикла бульдозера.

Машина является цикличной. Работа БРА характеризуется последовательным выполнением технологических операций. Операции могут выполняться в любой последовательности, которая требуется технологией строительства.

Важно, что для получения конечного продукта операции должны быть выполнены в полном объеме как рыхлительным, так и бульдозерным оборудованием.

Создается математическая модель продолжительности цикла работы БРА.

Рабочий цикл бульдозера (рыхлителя) состоит из следующих рабочих операций: опускания рабочего оборудования, формирования призмы волочения (внедрения зубьев в грунт), перемещения (рыхления) грунта, подъема рабочего оборудования, позиционирования машины, холостого хода бульдозера.

Время каждой операции выражается через технико-эксплуатационные параметры бульдозера - масса машины m , мощность двигателя N , вместимость отвала q , прочностные характеристики материала, дальность рабочих и холостых перемещений машины.

$$t_u = f(m, N, q, K_{y\partial}, l_{xx}, l_i, V_i, \text{другие...})$$

Дифференцируя показатель времени цикла по массе и обобщенный удельный показатель энергоемкости и материалоемкости по энергонасыщенности, соответственно, определяются оптимальные параметры массы и мощности, при которых показатель времени цикла агрегата принимает минимальное значение.

По расчетным значениям массы и мощности выбирают машину с величинами m и N/m , ближайшими к расчетным. При выборе машины из нескольких - с параметрами, ближайшими к оптимальным, предпочтение следует отдать фирме, которая обеспечивает качественное сервисное сопровождение и поставку запчастей на весь период эксплуатации.

Технико-экономическая эффективность работы машин в заданных условиях требует отдельного рассмотрения.

Разработанная методика выбора БРА с оптимальными для заданных условий эксплуатации параметрами определяет оптимальные значения массы, энергонасыщенности, мощности и других. Машина с оптимальными параметрами дает возможность выполнения работ с минимальными показателями по материалоемкости, энергоемкости и эксплуатационными затратами по себестоимости машиночаса и единицы продукции. На основании полученных параметров мощности можно определить необходимое количество топлива и экологический ущерб от выбросов вредных веществ при работе.