ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБКАТКИ ДВИГАТЕЛЯ НА ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОМ ОБКАТОЧНО-ТОРМОЗНОМ СТЕНДЕ

Д.А. Жданко, аспирант (УО БГАТУ)

Аннотация

Рассмотрены вопросы экономической целесообразности обкатки отремонтированного двигателя на электрогидравлическом стенде в сравнении с типовым.

Введение

Важной завершающей операцией при капитальном ремонте двигателя внутреннего сгорания (ДВС) является обкатка, в процессе выполнения которой происходит приработка взаимно трущихся поверхностей деталей, выявляются и устраняются дефекты, производится регулировка двигателя, и снимаются его основные характеристики в соответствии с техническими условиями. Обкатка и испытания оказывают значительное влияние на качество и долговечность ДВС.

В настоящее время на ремонтных заводах Республики Беларусь для обкатки ДВС используются дорогостоящие стенды.

В 2007 году Белорусский государственный аграрный технический университет и ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» заключили договор о сотрудничестве. Целью договора является проведение совместных научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ, изготовление и испытания экспериментального образца электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда.

Результаты исследований, проведенных в БГАТУ по обоснованию компоновочной схемы, параметров и режимов работы обкаточно-тормозного стенда, были переданы ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» для разработки конструкторско-технологической документации.

В 2009 году на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ был изготовлен экспериментальный образец электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда с использованием в качестве тормозного устройства регулируемого аксиально-плунжерного насоса и дросселя постоянного сечения. Краткая техническая характеристика стенда приведена в табл. 1.

В мае 2009 года экспериментальный образец электрогидравлического стенда был представлен ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» для прохождения заводских испытаний. Испытания проводились на участке обкатки двигателей завода. На стенде обкатывали двигатели Д-240Л №043.

В результате испытаний установлено:

– экспериментальный электрогидравлический обкаточно-тормозной стенд позволяет производить обкатку двигателей на всех режимах;

– необходимо доработать систему электропривода стенда.

Комиссия в составе представителей ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» и БГАТУ постановила:

1. БГАТУ – произвести необходимые расчеты и обосновать параметры электрического привода системы запуска двигателя.

2. ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» – изготовить опытный образец электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда.

Таблица 1. Краткая техническая характеристика электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда

Мощность электрического двигателя для холодной обкатки, кВт, до	18
Тип тормозного устройства	гидравлический
Мощность торможения, кВт, до	120
Диапазон регулирования частоты вращения вала электродвигателя, мин ⁻¹	100 – 1500
Диапазон частоты вращения вала гидравлического тормоза (при горячей обкатке), мин ⁻¹	1000 – 2900
Диапазон измерения частоты вращения, мин ⁻¹	до 3000
– магнитоиндукционным тахометром	
– электронным тахометром	до 9999
Рекуперация механической тормозной энергии	в тепловую
Устройство рекуперации	Кожухотрубчатый теплообменник
Диапазон измерения давления масла, МПа	0 – 40
Диапазон измерения температуры масла, °С	0 -150
Масса стенда, кг	630
Занимаемая площадь, м ² , не более	4,5

Основная часть

Экономическая эффективность рассчитывается в соответствии с методикой определения экономической эффективности новых машин [1, 2] с использованием нормативно-справочных материалов и действующих тарифных ставок оплаты труда.

В основу расчета положены материалы заводских испытаний электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда и калькуляция себестоимости ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» на обкатку двигателя Д-240 на стенде КИ-5543 (табл. 2).

Таблица 2. Калькуляция себестоимости на обкатку двигателя Д-240

Статьи затрат	Сумма, руб. за 1 шт.	%
1. Сырье и материалы	51603	58,8
2. Транспортно-заготовительные расходы	449	0,5
3. Зарплата основная производственных рабочих	9380	10,7
в т.ч. зарплата сдельная	3461	3,9
4. Зарплата дополнительная производственных рабочих	478	0,5
5. Отчисления в фонд социальной защиты	3352	3,8
6. Страхование от несчастных случаев	195	0,2
7. Амортизационные отчисления	1360	1,5
8. Затраты на электроэнергию	5313	6,1
9. Накладные расходы	15383	17,5
Итого: производственная себестоимость	87514	99,8
10. Отчисления в инновационный фонд	219	0,2
Итого: полная себестоимость	87732	100

В качестве базы для сравнения выбран электрический стенд КИ-5543, используемый ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» для обкатки двигателя. Технические характеристики стендов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Технические характеристики обкаточно-тормозных стендов

Показатели	Ед. изм.	Варианты	
		базовый	экспериментальный
Марка стенда	-	КИ-5543	Электрогидравлический
Обслуживающий персонал	чел.	1	1
Тормозная мощность	кВт	125	120
Мощность электродвигателя	кВт	55	18
Занимаемая площадь	м ²	20	3
Масса	кг	1800	630
Стоимость	млн.руб	57,570891	83,6

Стоимость электрогидравлического стенда (включая затраты на монтаж и теплообменник) рассчитана по параметрическому методу [3] – стоимость 1 кг массы ближайшего аналога – гидравлического обкаточно-тормозного стенда КИ-28249 [4].

Стоимость стенда КИ-28249 составляет 115 млн. руб. при массе стенда 950 кг.

Экономическая эффективность определяется для обкатки двигателей Д-240.

Производственная себестоимость обкатки двигателя определяется по выражению:

$$C_{пр} = C_m + C_э + C_a + C_з + C_{тз} + C_{накл} - C_y, \quad (1)$$

где C_m – затраты на все виды материалов, расходуемых при обкатке ДВС, руб;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб;

C_a – амортизационные отчисления, руб;

$C_з$ – отчисления на заработную плату, руб;

$C_{тз}$ – транспортно-заготовительные расходы, руб;

$C_{накл}$ – накладные расходы, руб;

C_y – стоимость утилизованной тепловой энергии, руб.

Затраты на все виды материалов, расходуемых при обкатке ДВС, включают расходы на топливо, смазку и прочие материалы. Так как расход топлива и масла при обкатке двигателя одинаков для всех сравниваемых стендов, то затраты на них принимаются из калькуляции

себестоимости ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» и составляют 51603 руб. Однако для электрогидравлического стенда необходимо учесть стоимость рабочей жидкости, т.е. масла марки МГЕ-46.

Стоимость одного литра масла МГЕ-46 составляет 2400 руб. Срок эксплуатации масла 2500 часов, а продолжительность обкатки под нагрузкой одного двигателя Д-240 – 0,5 ч. Следовательно, рабочая жидкость в электрогидравлическом стенде подлежит замене после обкатки 5000 двигателей. Потребное количество масла для электрогидравлического стенда составляет 60 л.

$$C_{M_э} = C_{M_б} + \frac{V_б \cdot C_{мзе}}{O}, \quad (2)$$

где $C_{M_б}$ – затраты на все

виды материалов, расходуемых при обкатке в базовом варианте, руб;

$V_б$ – объем маслобака электрогидравлического стенда, л;

$C_{мзе}$ – цена одного литра масла МГЕ-46, руб;

O – количество обкатанных двигателей в течение срока эксплуатации масла, шт.

$$C_{M_3} = 51603 + \frac{60 \cdot 2400}{5000} = 51631,8 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию определяются по формуле:

$$C_3 = \left(\sum_{i=1}^n N_{эл i} T_i \right) \cdot C_3, \quad (3)$$

где $N_{эл i}$ – мощность электродвигателя на i -ой ступени обкатки, кВт;

T_i – продолжительность обкатки двигателя на i -ой ступени обкатки, ч;

C_3 – стоимость 1 кВт·ч электрической энергии.

$$C_3 = 193,2 \text{ руб/кВт·ч.}$$

$$C_{3_3} = (10,8 + 13,5 + 16,2) \cdot 0,167 \cdot 193,2 = 1306,7 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления определяются:

$$C_a = \frac{B_{cm} \cdot a}{D \cdot 100}, \quad (4)$$

где B_{cm} – стоимость станда, руб;

a – коэффициент отчислений на амортизацию техники. $a = 7,14\%$;

D – число отремонтированных за год двигателей Д-240, шт.

$$C_{a_3} = \frac{83600000 \cdot 7,14}{215 \cdot 100} = 27763 \text{ руб.}$$

Отчисления на заработную плату определяют:

$$C_3 = C_{осн} + C_{дон} + C_{соц} + C_{стр}, \quad (5)$$

где $C_{осн}$ – зарплата основная производственных рабочих, руб;

$C_{дон}$ – зарплата дополнительная производственных рабочих, руб;

$C_{соц}$ – отчисления в фонд социальной защиты, руб;

$$C_{соц} = 0,34 \cdot (C_{осн} + C_{дон}), \quad (6)$$

где $C_{стр}$ – страхование от несчастных случаев, руб.

$$C_{соц} = 0,0198 \cdot (C_{осн} + C_{дон}). \quad (7)$$

Так как продолжительность обкатки двигателя, количество обслуживающего персонала, тарифная ставка и разряд рабочего для всех стандов одинаковы, то затраты на заработную плату со всеми отчислениями принимали одинаковыми для всех сравниваемых вариантов из калькуляции мотороремонтного завода.

$$C_{M_6} = C_{M_3} = 13405 \text{ руб.}$$

Транспортно-заготовительные и накладные расходы одинаковы для всех вариантов и составляют (по калькуляции) 449 руб. и 15383 руб. соответственно.

В структуре затрат следует учесть стоимость горячей воды, полученной путем утилизации тепловой энергии при горячей обкатке под нагрузкой двигателя на электрогидравлическом стенде.

Исходя из технических условий на обкатку двигателя, определяли отводимый тепловой поток при обкатке двигателя на каждой ступени нагрузки:

$$N_{им.а.} = N_{им.м.} \cdot \eta_0 \cdot t_{об}, \quad (8)$$

где $N_{им.м.}$ – тормозная мощность на i -ой ступени обкатки, кВт;

$t_{об}$ – продолжительность обкатки на i -ой ступени;

η_0 – объемный КПД насоса.

Для двигателя Д-240 количество отводимой тепловой энергии равно

$$N_{1м.а.} = 7,2 \text{ МДж};$$

$$N_{2м.а.} = 6,48 \text{ МДж};$$

$$N_{3м.а.} = 10,8 \text{ МДж};$$

$$N_{4м.а.} = 28,8 \text{ МДж}.$$

Потребное количество охлаждающей воды для отвода тепла определяли по формуле:

$$Q_в = \frac{N_{т.а.}}{c_в \rho_в (T_{в.а.} - T_{в.о.})}, \quad (9)$$

где $Q_в$ – объемный расход охлаждающей жидкости через теплообменник, м³;

$c_в$ – удельная теплоемкость охлаждающей среды, Дж/(кг·°С);

$\rho_в$ – плотность охлаждающей среды, кг/м³;

$T_{в.а.}$ и $T_{в.о.}$ – температура охлаждающей среды на выходе и входе теплообменника, °С.

$$Q_{1в} = 0,038 \text{ м}^3;$$

$$Q_{2в} = 0,034 \text{ м}^3;$$

$$Q_{3в} = 0,057 \text{ м}^3;$$

$$Q_{4в} = 0,153 \text{ м}^3.$$

Общее количество нагретой до 55 °С воды при обкатке одного двигателя составляет:

$$Q_{общ.в} = 0,282 \text{ м}^3.$$

По данным ОАО «Гомельский мотороремонтный завод», стоимость опущенной 1 Гкал составляет 104902 руб., при этом на подогрев 10 м³ воды потребляется 8 Гкал.

Исходя из вышеперечисленного, затраты на утилизацию энергии составят:

$$C_y = Q_{\text{общ.в}} \cdot C_{\text{н.в.}} \quad (10)$$

где $C_{\text{н.в.}}$ – затраты на подогрев 1 м³ воды, руб.

$$C_y = 0,282 \cdot 83921,6 = 23665,9 \text{ руб.}$$

Производственная себестоимость обкатки одного двигателя Д-240 для рассматриваемого варианта равна

$$C_{\text{пр.э}} = 51631,8 + 1306,7 + 27763 + 13405 +$$

$$+449 + 15383 - 23665,9 = 86272,6 \text{ руб.}$$

Полная себестоимость включает отчисления в инновационный фонд в размере 0,25% производственной себестоимости.

$$C = 1,0025 \cdot C_{\text{пр.э}}$$

$$C_y = 1,0025 \cdot 86272,6 = 86488 \text{ руб.}$$

Годовая экономия эксплуатационных затрат определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{из}} = (C_{\text{с}} - C_{\text{н}}) \cdot D \quad (11)$$

$$\mathcal{E}_{\text{из}} = (87732 - 86488) \cdot 215 = 266691 \text{ руб.}$$

Годовой доход рассчитывается по формуле:

$$D_z = \mathcal{E}_{\text{из}} + (C_{a_3} \cdot D - C_{a_5} \cdot D) \quad (12)$$

$$D_z = 266691 + (27763 \cdot 215 - 1360 \cdot 215) = 5943331 \text{ руб.}$$

В условиях рыночной экономики критерием эффективности инвестиций проекта является чистый дисконтированный доход, а также срок возврата капиталовложений.

Чистый дисконтированный доход определяется по выражению:

$$\text{ЧДД} = D_z \cdot \alpha - K \quad (13)$$

где α_T – коэффициент приведения к началу периода по времени, определяемый по формуле:

$$\alpha_T = \frac{(1 + E)^T - 1}{E(1 + E)^T} \quad (14)$$

K – капиталовложения, руб;

E – базовая процентная ставка;

K – число лет получения дохода.

$$T = \frac{100}{a} = \frac{100}{7,14} = 14 \text{ лет.}$$

$$\alpha_T = \frac{(1 + 0,1)^{14} - 1}{0,1(1 + 0,1)^{14}} = 7,37;$$

$$\text{ЧДД} = 5943331 \cdot 7,37 - 26029109 =$$

$$= 17773240 \text{ руб.}$$

Срок возврата капитала (T_g), вложенного в производство, определяется в два приема:

1. Рассчитывается коэффициент возврата капиталовложений (P_g):

$$P_g = \frac{D_z}{K} - E \quad (15)$$

$$P_g = \frac{5943331}{26029109} - 0,1 = 0,13.$$

2. Срок возврата капитала определяется по формуле:

$$T_g = \frac{(1 + E / P_g)}{(1 + E)} \quad (16)$$

$$T_g = \frac{(1 + 0,1/0,13)}{(1 + 0,1)} = 1,6 \text{ года.}$$

Проект капиталовложений целесообразен, так как $T_g = 1,6 < 14 = T$ и инвестор вернет за 1,6 года вложенный капитал.

Вывод

Так как станды, применяемые на ОАО «Гомельский мотороремонтный завод», уже физически и морально устарели и требуют замены, то разработка, создание и использование электрогидравлических стандов при годовой программе ремонта двигателей Д-240 – 215 штук в год позволит получить чистый дисконтированный доход 17,77 млн.руб. При этом предприятие окупит инвестиции в течение 1,6 года.

Следует учесть тот факт, что все обкаточно-тормозные станды, используемые в нашей республике, являются импортной продукцией. И создание собственного электрогидравлического обкаточно-тормозного станда за счет наличия дешевой элементной базы позволит сократить импорт, в короткие сроки оснастить ремонтные предприятия дешевыми стандами, а также позволит создать дополнительные рабочие места.

ЛИТЕРАТУРА

1. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: ГОСТ Р 53056-2008. – М.: Стандартинформ, 2009.

2. Ширшова, В.В. Методические указания к экономическому обоснованию дипломных проектов для студентов специальности: С 03.02 «Электрификация сельского хозяйства»/ В.В. Ширшова. – Минск: БГАТУ, 1994. – 59 с.

3. Ленский, А.В. Определение цены новых машин по удельным показателям/ А.В. Ленский, Е.Г. Родов. – Минск: РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси», 2005. – Вып.139. – С. 9-16.

4. Российский Интернет-портал [Электронный ресурс] / Сайт ГОСНИТИ – Режим доступа: <http://www.gosniti.ru>. – Дата доступа: 12.05.2009