

УДК 621. 629.3; 669.54. 793

Теловов Н. К. Стенд для испытания двигателей внутреннего сгорания

Stand for testing internal combustion engines

Теловов Н. К.

научный сотрудник кафедры мелиоративных и строительных машин
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева.

Абдулмажидов Х.А.

доцент кафедры мелиоративных и строительных машин
Российский государственный аграрный университет МСХА им. К.А. Тимирязева

Telovov N. K.

research associate of the Department of land reclamation and construction machines Russian
state agrarian University named after K. A. Timiryazev.

Abdulmajidov H. A.

associate Professor of the Department of reclamation and construction machinery Russian
state agrarian University-MTAA them. K. A. Timiryazev.

***Аннотация.** Существуют различные стенды для испытания двигателей, недостатком большинства является их узкоспециализированность, на конкретные модели двигателей. Здесь же предлагается совершенствование рамы для установки двигателя на испытательном стенде, что дает возможность испытания на таком стенде различных моделей двигателей.*

***Ключевые слова:** Стенд; испытание; надежность; двигатель.*

***Abstract.** there Are various stands for testing engines, the disadvantage of most of them is their narrow specialization, for specific engine models. It also offers improvements to the frame for installing the engine on the test bench, which makes it possible to test various models of engines on such a stand.*

***Keywords:** Stand; test; reliability; engine.*

Рецензент: Бойченко Олег Валериевич - доктор технических наук, профессор ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского». Член-корреспондент Крымской академии наук, член-корреспондент РАЕ

Для надежной и безотказной работы всех деталей двигателей большое значение имеет приработка деталей между собою, испытания двигателей до начала эксплуатации, что увеличивает коэффициент полезного действия данного механизма. Первое время работы новой или отремонтированной машины связано с форсированной взаимной приработкой деталей. В течение этой приработки стираются отдельные выступающие неровности, после чего поверхности приобретают нормальное состояние, характеризующееся повышенным устойчивым коэффициентом полезного действия данного механизма. Процесс приработки деталей связан с усиленным износом, а значит, и нагревом деталей, поэтому требует вполне определённого режима. В противном случае может произойти заедание поверхностей и повреждения механизма. Дефекты сборки (перекосы, неправильные зазоры, ненадёжные крепления) особенно легко обнаруживаются именно во время приработки – по ненормальному перегреву отдельных сочленений, стукам, течи и т.д. Таким образом, обкатка, с одной стороны,

позволяет проверить качество ремонта и сборки механизмов и, с другой стороны, является важнейшим этапом в подготовке механизмов к нормальной работе.

Обкатка - необходимая технологическая операция для приработки сопряжённых деталей.

Исследованиями установлено, что основная приработка деталей двигателей происходит в первые 2...3 часа и полностью завершается через 50...60 часов. Поэтому обкатку проводят в два этапа. Первые, наиболее ответственные, часы приработки проводят на стендах по специальному режиму, установленному техническими условиями для двигателей каждой марки. Последующую обкатку двигатель проходит в условиях эксплуатации с пониженной нагрузкой и также по специальному режиму, определённом для каждой машины.

Для испытания двигателей применяют специальные установки: механические, гидравлические и электрические.

В ремонтных предприятиях широко распространена гидравлическая тормозная установка Т-4 рисунок 1. Она состоит из тормоза, весового механизма, механизма соединения вала ротора с посторонним приводом и редуктора, устанавливаемого на общую плиту тормозной установки. При холодной обкатке привод осуществляется через шкив 1 и тормозной барабан 6 при этом не работает.

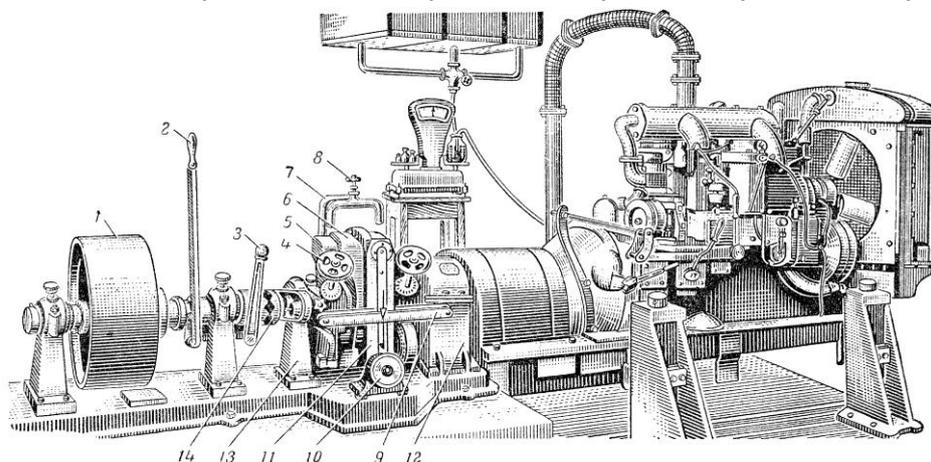


Рисунок 1. Тормозная установка Т-4 с гидравлическим тормозом:

1 – шкив; 2 – рычаг; 3 – рычаг кулачковой муфты; 4 – маховичок регулировки поступления воды; 5 – воронка; 6 – тормозной барабан; 7 – трубопровод; 8 – кран; 9 – рейка; 10 – маятник; 11 – стойка; 12 – редуктор; 13 – кронштейн; 14 – кулачковая муфта.

При горячей обкатке во время работы тормоза вода подаётся к центру дисков ротора (в тормозном барабане). Увлекаясь последними, она центробежной силой отбрасывается к наружной цилиндрической поверхности барабана, образуя кольцо. Этот кольцевой слой воды создаёт сопротивление вращающемуся ротору. Сила сопротивления зависит от скорости вращения ротора и от толщины водяного кольца. Вследствие трения о диски ротора и корпуса барабана вода внутри корпуса нагревается. Чем большую мощность поглощает тормоз, тем сильнее повышается температура воды в барабане и, следовательно, тем больше воды нужно пропускать через барабан тормоза. Недостатком данного стенда является то, что тормоз работает вполне устойчиво при температуре выходящей воды 60⁰С, наблюдается сложность в холодной обкатке двигателя при определённых оборотах.

Тормозная установка ОТ-6 (КО-2204) принципиально не отличается от установки Т-4, но является более усовершенствованной. Установка имеет коробку передач, установленную между приводным шкивом и тормозным барабаном. Это позволяет проводить на ней холодную обкатку двигателя при 300, 385, 522, 685, 830 и 1200 об/мин. Тормозной барабан установки разделён глухим диском на две секции. В одной секции имеются два вращающихся диска ротора, а в другой – три. Секции могут работать как отдельно, так и вместе. Вследствие этого на установке можно испытывать как малооборотные двигатели большой мощности, так и быстроходные двигатели малой мощности. Это исключает установку редуктора. Недостатком является использование воды (необходимо обеспечить герметичность тормозного барабана).

Электрическая тормозная установка СТЭУ-28 ГОСНИТИ рис. 2. состоит из электрического двигателя-тормоза 1 с весовым механизмом 3, редуктора 2, регулировочного жидкостного реостата, установки для замера топлива и контрольно измерительных приборов, сосредоточенных на общем пульте управления. Электрический двигатель-тормоз 1 представляет собой стандартный асинхронный электродвигатель трёхфазного переменного тока с фазовым ротором типа АК-81-6, мощностью 28 кВт. При холодной обкатке электродвигатель прокручивает коленчатый вал двигателя. При горячей обкатке под нагрузкой и испытании электродвигатель тормозит испытываемый двигатель. В первом случае электродвигатель работает в режиме двигателя и потребляет электроэнергию из сети, во втором – в режиме генератора и отдаёт электроэнергию в сеть. Для плавного изменения частоты вращения электродвигателя служит жидкостный реостат.

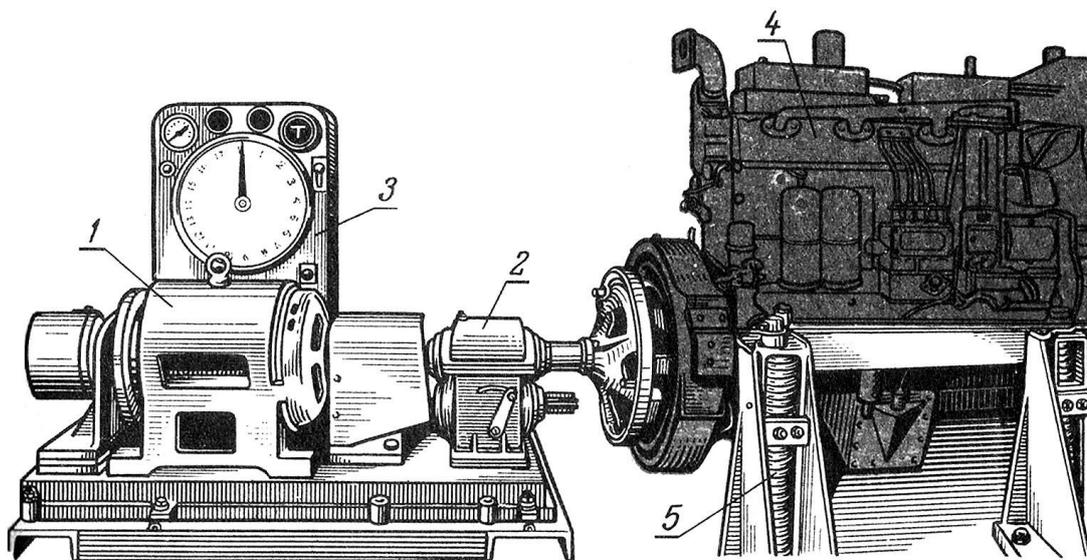


Рисунок 2. Электротормозной стенд СТЭУ-28 ГОСНИТИ:

1 – двигатель-тормоз; 2 – редуктор; 3 – весовой механизм; 4 – двигатель на испытании; 5 – опора двигателя.

Недостатком данного стенда является сложность в управлении (необходимо находиться в непосредственной близости от стенда), одним из дорогостоящих узлов стенда является основание для крепления двигатель-тормоза и обкатываемого двигателя.

Анализ существующих конструкций испытательных стендов выявил общий недостаток всех – в предназначении каждой из них для проведения испытаний определенных моделей двигателей. В данной статье предлагается разработка основания к стенду для обкатки двигателей рис. 3, что позволит унифицировать упростить установку на данном стенде двигателей различных модификации.

Для чего предлагается сделать стойки крепления двигателя на основании испытательного стенда – подвижными. Стенд предлагаемого варианта не обладает сложной конструкцией, он прост в изготовлении, но в тоже время стенд имеет высокую надежность и хороший доступ к ремонтируемому объекту, что является основными показателями при выборе варианта необходимого стенда.

Стенд состоит из основания 1, стоек для крепления двигателя подлежащего испытанию 2, стоек для крепления двигатель-тормоза 5, карданного вала 3 и защиты карданного для вала 4

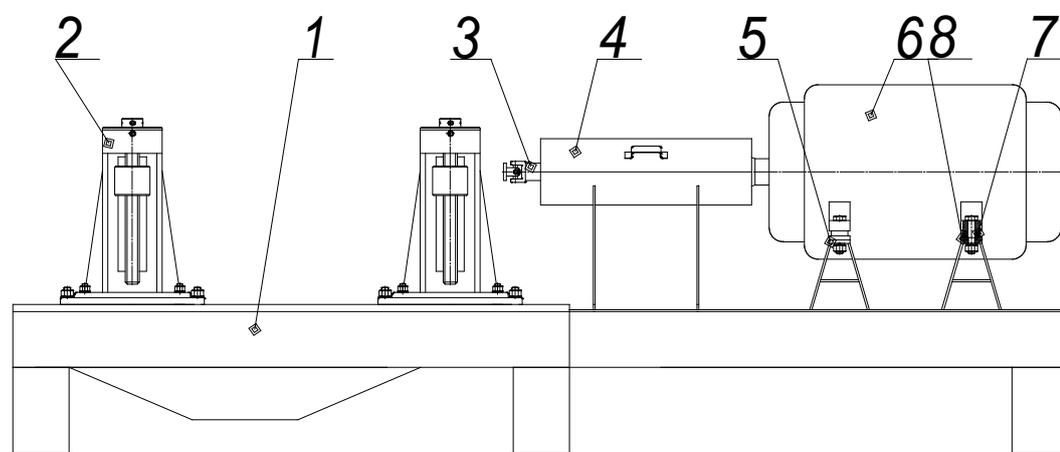


Рисунок 3. Универсальный стенд для обкатки ДВС:

1 – основание; 2 – стойка; 3 – карданный вал; 4 – защита; 5 – опора двигатель-тормоза; 6 - двигатель-тормоз; 7 – стакан; 8 – подушка.

Работа стенда происходит следующим образом:

На раму обкаточного стенда 1 через эластичные подушки 8 устанавливается двигатель-тормоз 6. С помощью болтового соединения к двигатель-тормозу через защиту 4 подсоединяется карданный вал 3. Двигатель, подлежащий обкатке устанавливается на стойки 2 и с помощью винтов установленных в стойках выставляется соосно с двигатель-тормозом 6. С помощью карданного вала 3 двигатель и двигатель-тормоз соединяются вместе. После фиксации защитного устройства 4 карданного вала 3 стенд готов к работе.

При испытании и обкатке следующего двигателя достаточно только установить двигатель, выставить соосность и присоединить карданный вал.

Двигатели крепятся на стенд к подвижным стойкам, в которые вкручиваются шпильки крепления двигателя.

Определение основных параметров производился прочностным расчетом наиболее нагруженных деталей стенда с целью надежной работы. Произведён прочностной расчёт механизма подъёма стенда на основе расчёта грузовых винтов из условий: - диаметр подъёмного винта $d = 40$ мм;

- максимальный поднимаемый вес $Q = 1250$ кг (вес двигателя А-41);

- длина рукоятки $l = 100$ мм;

- винт изготовлен из стали 45, гайка из стали 3.

1. КПД подъёмного механизма: а) Угол подъёма β винтовой линии прямоугольной резьбы

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{P}{\pi \cdot d_2} \quad (1)$$

где P - шаг винта, мм ($P = 6$ мм); d_2 - средний диаметр винта, мм.

$$d_2 = \frac{d + d_1}{2}, \quad (2)$$

где d_1 - внутренний диаметр винта, мм.

$$d_2 = \frac{40 + 29,5}{2} = 34,75 \text{ мм.}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{6}{3,14 \cdot 34,75} = 0,055 \text{ или } \beta = 3^{\circ}09'$$

б) Угол трения ρ

Если принять коэффициент трения в резьбе $f = 0,15$ - сталь по стали в состоянии покоя без наличия смазки, то $\operatorname{tg}\rho = 0,15$ или $\rho = 8^{\circ}32'$.

Для условия самоторможение винта резьбовом соединении должно быть; угол подъёма β должен быть меньше угла трения ρ :

$$\beta < \rho. \quad (3)$$

$3^{\circ}09' < 8^{\circ}32'$ - это условие тоже выполняется

в) Полезная работа подъёма груза A_p за один оборот винта, необходимая для подъёма и преодоления силы трения в резьбе:

$$A_p = Q \cdot \pi \cdot d_2 \cdot \operatorname{tg}(\beta + \rho), \quad (4)$$

где Q - грузоподъёмность винта, кг.

$$A_p = 1250 \cdot 3,14 \cdot 3,475 \cdot \operatorname{tg}(3^{\circ}09' + 8^{\circ}32') = 3090,94 \approx 3091 \text{ кгс см.}$$

г) Работа за один оборот винта A_T , необходимая для преодоления трения на торцевой части винта:

$$A_T = \frac{2 \cdot Q \cdot f \cdot (d_3^3 - d_4^3)}{3(d_3^2 - d_4^2)} \pi, \quad (5)$$

где d_3 - внешний диаметр опорной части, см;

d_4 - внутренний диаметр опорной части, см.

$$A_T = \frac{2 \cdot 1250 \cdot 0,15 \cdot (6_3^3 - 4,5_4^3) \cdot 3,14}{3(6_3^2 - 4,5_4^2)} = 3111,96 \approx 3112 \text{ кгс см.}$$

д) Полезная работа подъёма груза A_{II} :

$$A_{II} = Q \cdot P, \quad (6)$$

$$A_{II} = 1250 \cdot 6 = 7500 \text{ кгс см.}$$

КПД.

$$\eta = \frac{A_{II}}{A_p + A_T}, \quad (7)$$

$$\eta = \frac{7500}{3091 + 3112} \cdot 100 = 120,9 \text{ \%}.$$

2. Усилие рабочего при подъёме груза. При длине рукоятки 100 см за один оборот:

$$A_3 = P_p \cdot 2 \cdot \pi \cdot L, \quad (8)$$

где A_3 - затраченная работа за один оборот винта, кгс см; P_p - усилие рабочего при подъёме, кгс; L - длина рукоятки, см.

$$P_p = \frac{A_3}{2 \cdot \pi \cdot L}, \quad (9)$$

$$A_3 = A_p + A_T, \quad (10)$$

$$A_3 = 3091 + 3112 = 6203 \text{ кгс см.}; \quad P_p = \frac{6203}{2 \cdot 3,14 \cdot 100} = 9,88 \text{ кгс.}$$

Усилие на рукоятке соответствует условию безопасности труда $P_p = 15 \dots 30$ кгс.

Проверка напряжения в винте:

а) Нормальное напряжение $\sigma_{СЖ}$:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{Q}{F}, \quad (11)$$

где F - площадь поперечного сечения, см².

$$F = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4}, \quad (12)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 2,95^2}{4} = 6,83 \text{ см}^2; \quad \sigma_{СЖ} = \frac{1250}{6,83} = 183,02 \approx 183 \text{ кгс/см}^2.$$

б) Касательное напряжение $\tau_{КР}$

$$\tau_{КР} = \frac{M_{КР}}{0,2 \cdot d_1^3}, \quad (13)$$

где M_{KP} - крутящий момент, кгс см.

$$M_{KP} = Q \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\beta + \rho), \quad (14)$$

$$M_{KP} = 1250 \cdot \frac{3,5}{2} \cdot 0,225 = 492,19 \text{ кгс см}; \quad \tau_{KP} = \frac{492,19}{0,2 \cdot 2,95^3} = 95,94 \text{ кгс/см}^2.$$

в) Приведённое напряжение σ_{PP} :

$$\sigma_{PP} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau_{KP}^2}, \quad (15)$$

$$\sigma_{PP} = \sqrt{183^2 + 4 \cdot 95,94^2} = \sqrt{70306,9} \approx 265 \text{ кгс/см}^2.$$

Из условия достаточной прочности для стали 45 $[\sigma_{PP}] = 6100 \text{ кгс/см}^2$:

$$\sigma_{PP} \leq [\sigma_{PP}], \quad (16)$$

Условие прочности $265 \leq 6100$ - выполняется.

Результат расчёта удовлетворяет требованиям предъявляемым с соединениям сталь по стали $[\sigma] = 70 \div 130 \text{ кгс/см}^2$.

Опускание и подъем двигателя до уровня кронштейна производится краном. Необходимо следить за тем, чтобы грузозахватное приспособление надежно удерживалось на крюке запорным замком. Необходимо периодически осматривать состояние подшипников и вала. Особые требования к изготовлению установки не предъявляется.

Выводы.

Стенд для испытания и обкатки двигателей с унифицированной рамкой позволяет проводить испытательные работы с различными моделями двигателей. По сравнению с аналогами стенд имеет следующие преимущества: - простота конструкции; - высокая надежность; - доступность к узлам.

Conclusions.

A stand for testing and running-in of engines with a unified frame allows you to carry out test work with different models of engines. In comparison with analogs the stand has the following advantages: - ease of construction; - high reliability; - node availability.

Библиографический список

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х томах. М.: Машиностроение, 2002
2. Оборудование для текущего ремонта сельскохозяйственной техники: Справочник; под ред. С.С. Черепанова. - М.: Колос, 1998.-200с.
3. Тойгамбаев С.К. Применение инструментальных материалов при резании металлов. Учеб. Пособие для ВУЗов – М.: МГУП, 2007 -206 с.
4. Тойгамбаев С.К. Применение термодиффузионных процессов для упрочнения и восстановления деталей сельскохозяйственной техники. / Монография. Рекомендовано УМО ВУЗов МГУП. РИО МГУП им. А.Н. Костякова. –М.: 2011 с.187.
5. Тойгамбаев С.К., Голиницкий П.В. Размерный анализ подшипников

скольжения при обжати. / Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 2 (58). с. 38-40.

6. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К. Основы надёжности транспортных и технологических машин. / Учебное пособие для студентов технических. Рекомендовано УМО ВУЗов МГУП. Издательская «Компания Спутник +». –М.: 2006. с.167.

7. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ – 21614. -М.: ж. Техника и технологии № 3 (56), 2013. с. 76-85.

8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Эффективность использования машинотракторного парка предприятия./ Доклады ТСХА, выпуск 290 (часть II). Сборник статей Международной научной конференции посвященной 130-летию Н.И. Вавилова 5-7.12.17г. Издательство РГАУ-МСХА. – М.: 2018. с. 45-46.

9. Тойгамбаев С.К. Повышение долговечности деталей сельскохозяйственных и мелиоративных машин при применении процесса термоциклической диффузионной металлизации./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2000

10-. Тойгамбаев С.К. Тележка с гидравлическим подъемником для ТО и ремонта автомобилей./ Аспирант и соискатель. – М.: 2012. № 4 (70). с. 80-84.

11. Тойгамбаев С.К. Закалка витков пружин сельскохозяйственных машин с применением электромеханического упрочнения./ Управление рисками в АПК. – М.: № 3-4. 2015. с. 21-33.