

И. П. Завадский

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ НА НЕУСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМАХ

Автомобильные и тракторные двигатели в условиях эксплуатации большую часть времени работают на неустановившихся режимах, когда непрерывно меняются их мощность, число оборотов и тепловое состояние. Как показали наблюдения и многочисленные опыты [1, 2], эффективные показатели работы двигателя в этих условиях ухудшаются.

Нестационарность режима двигателя вызывается нарушением равновесия крутящего момента, развиваемого двигателем, и момента от сил сопротивления движению автомобиля или трактора. Такое нарушение равновесия возможно либо из-за изменения дорожных или почвенных условий, либо в результате изменения крутящего момента самого двигателя при воздействии на его регулирующий орган, либо под действием обеих причин одновременно.

На тракторах рычаг управления двигателем воздействует не непосредственно на сам регулирующий орган, а на всережимный регулятор, устанавливая его на нужный скоростной режим. Причем положение рычага управления при выполнении большинства сельскохозяйственных работ на протяжении сравнительно большого периода времени остается неизменным. Поэтому перемещение регулирующего органа производится всережимным регулятором лишь как ответная реакция на изменение числа оборотов двигателя в результате изменения сил сопротивления движению трактора. Таким образом, для тракторных дизелей наиболее характерна первая причина, вызывающая нестационарность их работы, а именно: непостоянство момента сопротивления.

Исследование работы тракторных двигателей на неустановившихся режимах проводится как в реальных условиях эксплуатации, так и в лабораториях на специальных тормозных установках, позволяющих с той или иной степенью приближения воспроизводить реальные нагрузки на двигатель [2, 3, 4]. В последнее время применяется также и метод математического моделирования.

При исследованиях в реальных условиях эксплуатации основной задачей является изучение характера нагрузки на двигатель

во время выполнения трактором различных сельскохозяйственных работ. Изучение же влияния переменных нагрузок на эффективные показатели работы двигателя обычно производится в лабораторных условиях.

Основное требование к тормозным установкам для исследования неустановившихся режимов двигателя — наиболее совершенное воспроизведение реальных условий нагружения двигателя. Чаще всего такие стенды оборудуются электрической машиной постоянного тока, у которой сила тока в цепи возбуждения изменяется по закону изменения нагрузки на двигатель в реальных условиях [3]. При этом реальный закон изменения нагрузки аппроксимируют суммой ограниченного числа гармоник, полученных в результате гармонического анализа диаграммы реальной нагрузки по известному выражению

$$M_c = M_{c. \text{cp}} + M_{c. \text{cp}} \sum_1^k \delta_i \sin(\omega_i \tau + \varphi_i),$$

где M_c — аппроксимированный момент сопротивления; $M_{c. \text{cp}}$ — постоянная составляющая момента сопротивления; k — число гармоник, принятых при аппроксимировании нагрузки на стенде;

$\delta_i = \frac{M_i}{M_{c. \text{cp}}}$ — относительная амплитуда i -й гармоники; M_i — амплитуда i -й гармоники; ω_i и φ_i — угловая частота и начальная фаза i -й гармоники; τ — время.

В зависимости от степени приближения к реальному закону изменения нагрузки берут $k = 1-5$. Воспроизведение нагрузки, изменяющейся по такому закону, может быть осуществлено двумя тормозами, соединенными последовательно друг с другом [3]. При помощи одного из них — гидравлического тормоза или балансирной динамо-машины — задается постоянная составляющая момента сопротивления. Переменная составляющая создается динамо-машиной постоянного тока, у которой ток в цепи возбуждения меняется по нужному закону. Такая тормозная установка может состоять и из одного электрического тормоза постоянного тока, у которого обмотка возбуждения питается через электромашинный усилитель. В этом случае обмотки управления усилителя питаются от аккумулятора: одна — через реостат (для задания постоянной составляющей), другая — через профильный потенциометр (для получения переменной составляющей). Профильный потенциометр приводится во вращение электродвигателем. Величина постоянной составляющей момента сопротивления устанавливается реостатом, а частота и амплитуда переменной составляющей — скоростью вращения и величиной сопротивления профильного потенциометра.

В тормозной установке другого вида [4] для создания переменной нагрузки применены четыре гидронасоса, связанных через редуктор с испытуемым двигателем. Масло, подаваемое насосами, проходит через подвижные дросселирующие золотники, создающие

переменное сопротивление. Положение золотников изменяется при помощи профильных шайб, вращаемых электродвигателем.

Постоянная составляющая момента сопротивления задается регулировкой некоторых насосов на постоянное давление. Частота изменения переменной составляющей регулируется скоростью вращения профильных шайб, а ее закон и амплитуда — формой и размерами шайб.

Перечисленные здесь тормозные установки для создания переменных нагрузок отличаются сложностью устройства и управления и обладают ограниченными возможностями задания нужного закона изменения нагрузки. Эти недостатки в значительной мере уменьшены в установке, созданной в лаборатории двигателей Белорусского политехнического института.

Тормозная установка для задания переменных нагрузок построена на базе балансирной машины постоянного тока, у которой цепь возбуждения питается через электромашинный усилитель, управляемый генератором периодических импульсов различной формы, частоты и амплитуды. Нагрузку также можно синтезировать путем сложения гармоник или импульсов разной формы, частоты и амплитуды, полученных несколькими генераторами.

Представленные на рис. 1 формы импульсов в различных сочетаниях позволяют с достаточной точностью воспроизвести реальную кривую нагрузки, записанную при полевых испытаниях трактора. Кроме того, установка позволяет воспроизвести закон действительной нагрузки, если ее запись сделана в таком виде (например, магнитозапись), который бы позволил представить ее в форме переменного электрического тока. В частности, возможно воспроизведение записей, сделанных и в форме осциллограмм на прозрачную пленку с применением фотоэлемента.

Тормозная установка (рис. 2) включает в себя балансирную машину постоянного тока с весовым механизмом, станцию питания, станцию управления, блок нагрузочных сопротивлений, комплект регулировочных реостатов, пульт управления, электронную

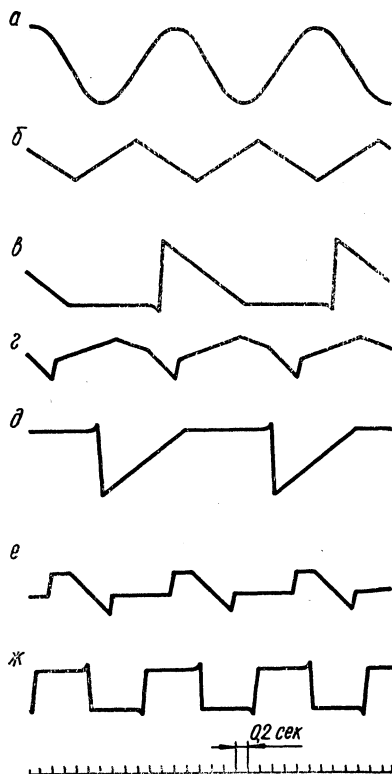


Рис. 1. Формы периодических импульсов (а, б, в, г, д, е, ж), получаемых с помощью универсального генератора

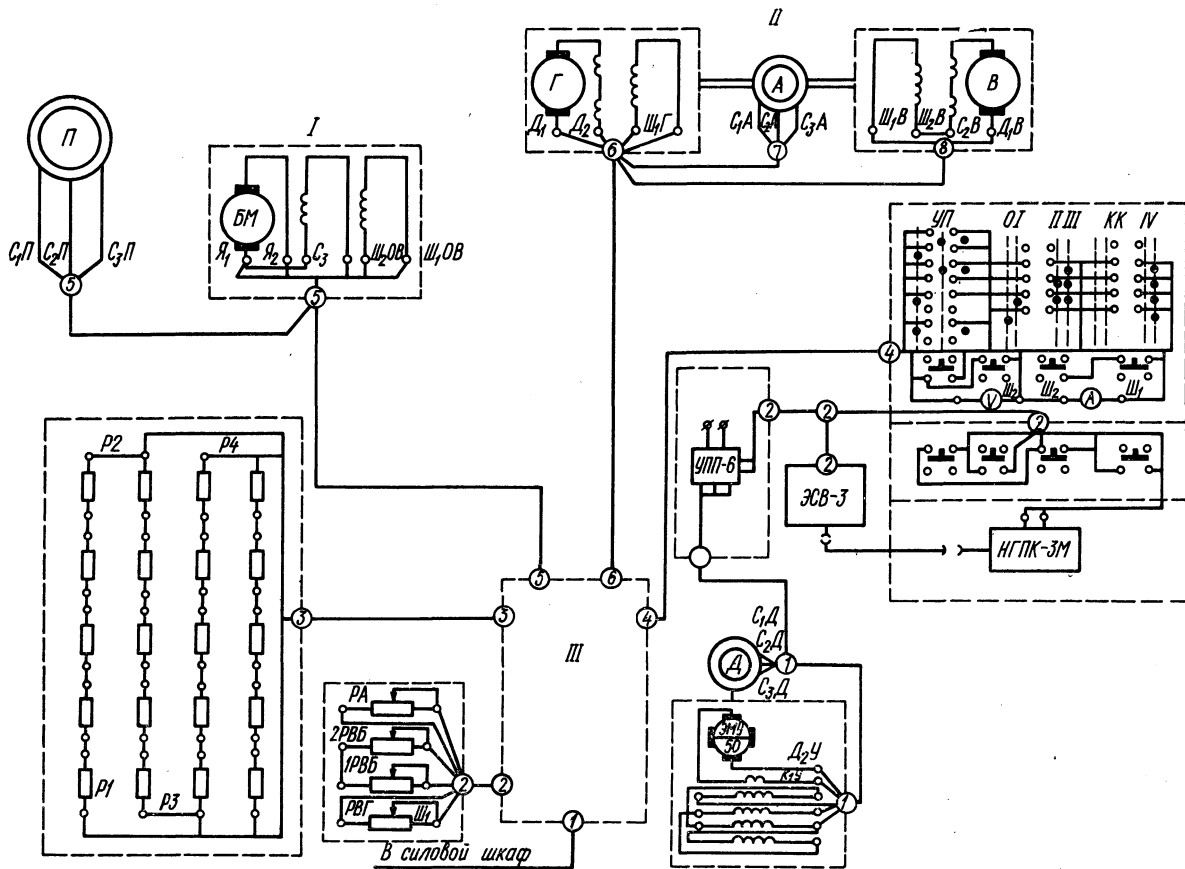


Рис. 2. Поагрегатная схема экспериментальной установки

схему задания переменной нагрузки и комплект измерительной аппаратуры.

Станцией питания балансирной машины служит трехмашинный агрегат, состоящий из трехфазного электродвигателя, генератора-возбудителя и генератора постоянного тока.

Станция управления представляет собой распределительный щит, на котором смонтированы все элементы, обеспечивающие пуск и регулирование установки, и предохранительные устройства. Для удобства обслуживания станция имеет подвижный пульт управления.

Электронная схема задания переменной нагрузки включает в себя низкочастотный генератор периодических колебаний, питающийся от электронного стабилизированного выпрямителя, или специальное устройство для воспроизведения реальных нагрузок, промежуточный усилитель постоянного тока, электромашинный усилитель (ЭМУ), приводимый во вращение от электродвигателя. ЭМУ имеет шесть обмоток управления, специальные схемы соединения которых позволяют получить коэффициент усиления до 10 000. Схема управления обмотками ЭМУ представлена на рис. 3.

Для обеспечения возможности исследования переходных режимов двигателя при резком сбросе или набросе нагрузки в основную схему балансирной машины включен ключ K (рис. 4).

При нагружении двигателя переменной нагрузкой постоянная составляющая момента сопротивления создается основной схемой, а переменная — накладывается от электронной схемы управления обмоткой возбуждения балансирной машины.

Установка оснащена комплектом измерительных приборов, которые позволяют производить отсчет средних значений или регистрировать мгновенные значения следующих величин: угловой скорости, крутящего момента, расходов топлива и воздуха. Кроме того, имеется возможность записывать перемещения рейки топливного насоса, подъем форсуночной иглы в одном из цилиндров двигателя.

Измерение угловой скорости коленчатого вала двигателя производится при помощи тахогенератора переменного тока. Пульсации при выпрямлении трехфазного тока устранены применением фильтра, поскольку они не менее чем на целый порядок выше по частоте колебаний угловой скорости коленчатого вала.

Для регистрации переменных значений крутящего момента в практике исследований наибольшее применение нашли динамометры торсионного типа. Принцип работы таких динамометров основан на измерении угла закручивания торсионного вала, передающего момент при помощи индуктивных, емкостных, тензометрических и других датчиков, либо при помощи синусно-косинусных или линейных поворотных трансформаторов. В нашем случае применен торсионный вал с проволочными датчиками сопротивления.

Основной недостаток этого способа, как, впрочем, и некоторых других, — необходимость применения токосъемных устройств, несовершенная конструкция которых может в значительной степени

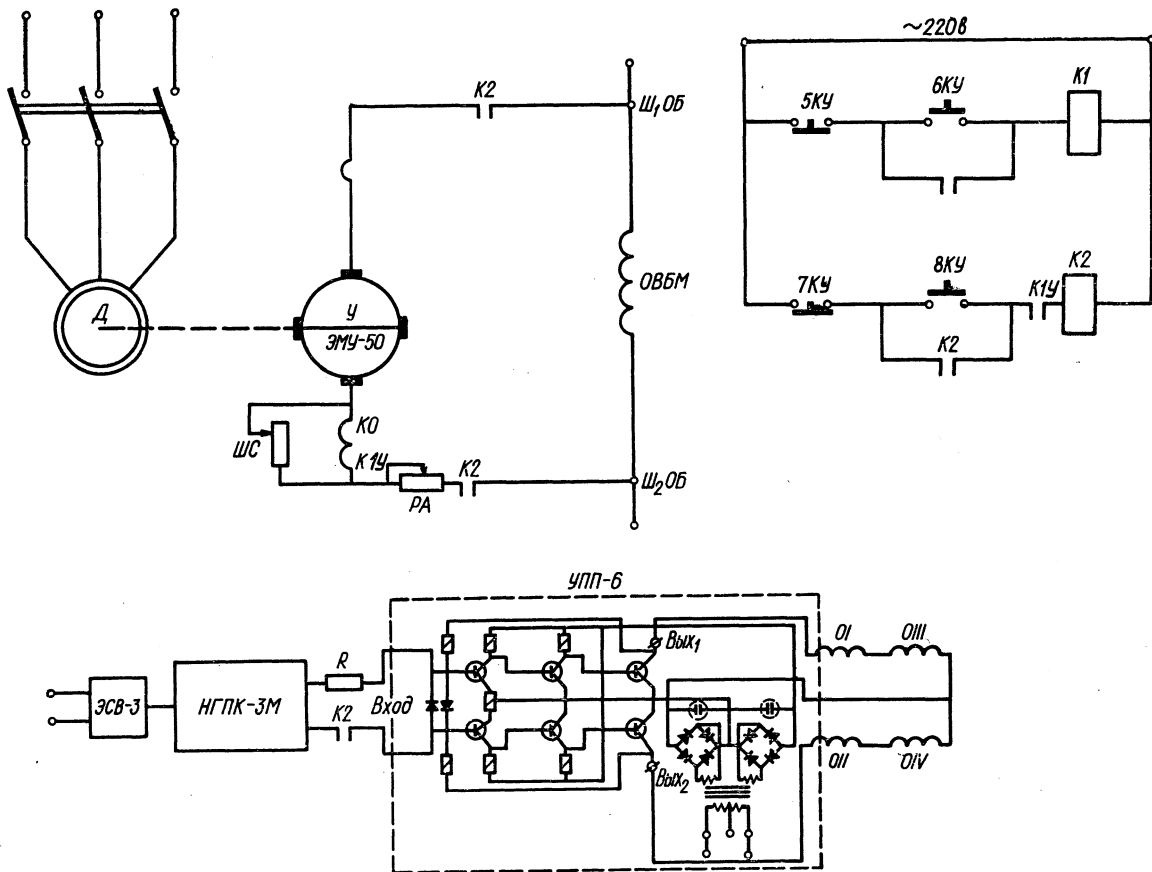


Рис. 3. Схема управления обмотками электромашинного усилителя

искажать результаты измерений. В рассматриваемой установке применено токосъемное устройство с амальгамированными ртутью контактными поверхностями.

Измерение текущих расходов топлива при работе двигателя на неустановившихся режимах может быть осуществлено при помощи приборов, действующих по принципу изменения емкости, индуктивности, сопротивления и т. д. Наиболее просто может быть выпол-

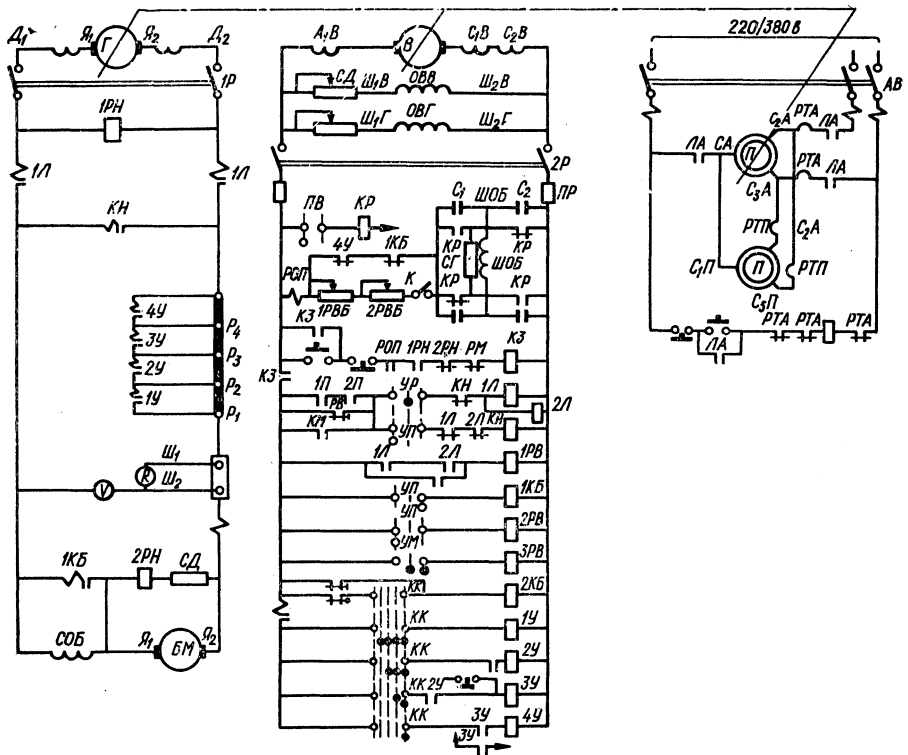


Рис. 4. Монтажная схема экспериментальной установки

нен индуктивный способ с применением поплавкового устройства или же метода термоанемометра. По точности и чувствительности эти приборы могут быть равнозначны. Рассматриваемая установка снабжена обоими устройствами.

Сравнительную оценку расходов топлива двигателем при работе на неустановившихся режимах с достаточной степенью точности можно вести и весовым способом. При этом предполагается более продолжительная работа двигателя на каждом из режимов, вызванном той или иной переменной нагрузкой.

Текущие расходы воздуха двигателем в условиях неустановившихся режимов измеряются методом термоанемометра или же с помощью дроссельных устройств. Последние требуют разработки

различных способов регистрации разности переменных давлений на входе и выходе дроссельной шайбы. В рассматриваемой установке для этой цели применен специальный тензометр с мембраной из бериллиевой бронзы толщиной 0,1 мм.

Сравнительную оценку расхода воздуха двигателем при работе на неустановившихся режимах можно вести и с помощью объем-

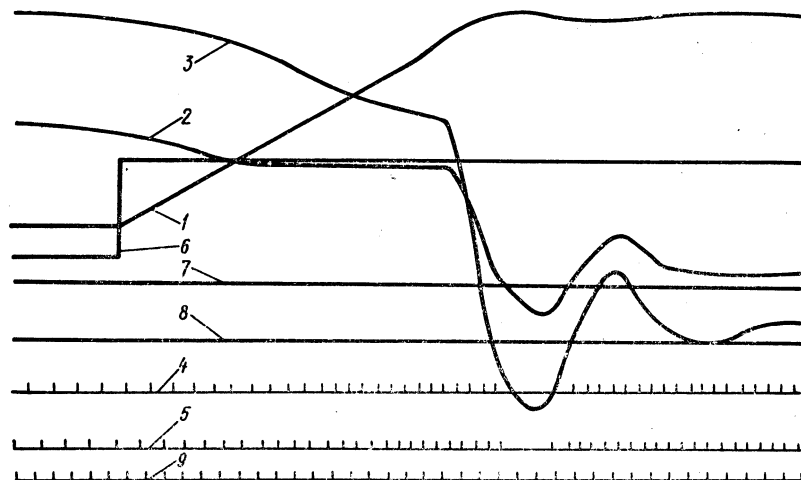


Рис. 5. Образец оциллограммы разгона двигателя мгновенным разгрузением:

1 — угловая скорость; 2 — момент двигателя; 3 — рейка топливного насоса; 4 — впрыск первого цилиндра; 5 — впрыск четвертого цилиндра; 6 — начало разгона; 7 — нулевая линия момента двигателя; 8 — нулевая линия рейки топливного насоса; 9 — отметка времени 50 мс

ных расходомеров, для чего необходимо обеспечить возможность регистрации конечного числа всасываний двигателя за время расхода фиксированного объема воздуха.

Запись перемещений рейки топливного насоса и регистрацию впрыска топлива в одном из цилиндров двигателя можно осуществлять индуктивным, тензометрическим или другим способом. Конструкция подобных приборов довольно проста и обеспечивает точность и надежность при исследованиях. Наличие впрысков регистрируется тензометрическим способом, а перемещение рейки — индуктивным. Оциллограмма записи переменных параметров двигателя рассмотренными способами представлена на рис. 5.

Л и т е р а т у р а

[1] Болтинский В. Н. Работа тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. — В сб.: Механизация и электрификация сельского хозяйства в СССР. М., 1959. [2] Болотин А. А. Исследование характера нагрузки на двигатель и

отдельные механизмы силовой передачи при работе трактора в производственных условиях. — Труды Волгоград. молочного ин-та, вып. 42. Волгоград, 1959. [3] Грунауэр А. А., Дик В. А. Моделирующая установка для исследования работы тракторного двигателя при неустановившейся нагрузке. — Труды Харьковск. политехн. ин-та. Харьков, 1961, вып. 34. [4] Златопольский А. В. Определение неустановившихся режимов загрузки двигателей землеройных машин и методики их исследования в стендовых условиях. — В сб.: Неустановившиеся режимы работы быстроходных двигателей внутреннего сгорания. М., 1965.