

ляции, наличие которых можно объяснить используемой разностной схемой второго порядка точности [6].

Заключение

Результаты компьютерного моделирования работы пневмоцилиндра фирмы Festo в программном комплексе FlowVision позволяют провести оценку периода установления давления в полости пневмоцилиндра. Показано, что движение поршня вследствие взаимодействия с ударной волной не происходит. Отсутствие влияния переходных процессов в поршневой полости цилиндра на движение поршня позволяет сделать вывод о том, что для моделирования рабочего процесса в полости пневмоцилиндра целесообразно использовать одномерные методики расчета пневмосистем, а для оценки износостойкости необходимо учитывать движение ударных волн.

Литература

1. Герц Е.В. Расчет пневмоприводов / Е.В. Герц, Г.В. Крейнин. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
2. Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах: Учеб. Пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 121 с.
3. Muzaffar A. Computer simulation of pneumatic engine operation, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) Vol. 1 Issue 5, July - 2012, ISSN: 2278-0181.
4. Лепешкин А.В., Михайлин А.А., Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. В 2-х частях. Ч.2: Гидравлические машины и гидропневмопривод: Учебник / Под ред. А.А. Шейпака. – 4-е изд., доп. и перераб. – М.: МГИУ, 2007. – 352 с.
5. Моделирование турбулентных течений: Учебное пособие / И.А. Белов, С.А. Исаев. Балт. гос. техн. ун-т. СПб., 2001. 108 с.
6. Adrian S. Sabau, Peter E. Raad Oscillations in high-order finite difference solutions of stiff problems on non-uniform grids International Journal for Numerical Methods in Fluids Volume 30, Issue 8, pages 939–956, 30 August 1999.

Эксплуатационные испытания систем электростартерного пуска с емкостными накопителями энергии на автомобилях

Шматков Ю.М., Климов Д.С.
Университет машиностроения,
(495) 223-05-23, доб. 1574

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных исследований системы электростартерного пуска с аккумуляторными батареями и емкостными накопителями энергии различных типов для двух типов грузовых автомобилей при различных температурах. Проведена оценка эффективности систем электростартерного пуска при использовании накопителей энергии в условиях низких температур.

Ключевые слова: система электростартерного пуска, емкостный накопитель энергии, аккумуляторная батарея, двигатель внутреннего сгорания.

В связи с наличием определенных недостатков у стартерных свинцовых аккумуляторных батарей (АБ) [1 – 4] проявляется интерес к использованию в системах электростартерного пуска (СЭП) альтернативных источников энергии, в частности емкостных накопителей энергии (НЭ). Впервые СЭП с НЭ, которые в ряде случаев могут заменить или комбинироваться с традиционной СЭП с АБ, были предложены специалистами Университета машиностроения (МАМИ) и ФГУП НИИАЭ [2, 3].

Применение в СЭП с НЭ позволяет снизить емкость АБ, их размеры, массу и стоимость. СЭП с НЭ могут обеспечить пуск двигателя при значительной степени разряженности АБ, что повышает эксплуатационную надежность автомобиля, особенно в условиях низких

температур.

Перспективная автомобильная система пуска должна удовлетворять требованиям высокой эффективности, малого веса, небольших габаритных размеров и безопасности. Она также должна быть гибкой для возможного в будущем усовершенствования при увеличении необходимой электрической мощности.

С учетом вышеизложенного необходимо создание физической модели СЭП с НЭ и АБ, исследование возможности применения НЭ в системе пуска ДВС, разработка методики расчета, экспериментальных исследований и испытаний СЭП с НЭ для ДВС автомобиля на стендах, в холодильных камерах, в условиях гаража и транспортного потока.

Для решения этой задачи были проведены испытания СЭП с НЭ на автомобилях ЗИЛ-433100 и ГАЗ-6640.

СЭП автомобиля ЗИЛ-433100 включает одну штатную аккумуляторную батарею 6СТ-190ТР (вместо двух), четыре накопителя энергии типа 12ПП-4/0.003, коммутационную аппаратуру и пульт управления. Накопители энергии, соединенные параллельно, и коммутационная аппаратура (три контактора, реле и ограничительный резистор сопротивлением 0,05 Ом) были смонтированы в корпусе АБ 6СТ-190ТР и составили единый энергоблок, удобно размещаемый в штатном аккумуляторном ящике автомобиля (рисунок 1).

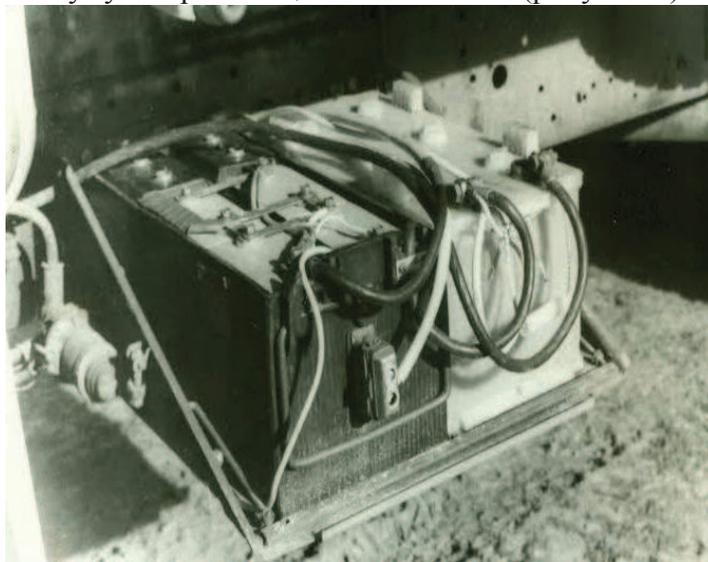


Рисунок 1. СЭП для автомобиля ЗИЛ- 433100

Пульт управления, расположенный в кабине справа от сиденья водителя, состоит из двух кнопок, вольтамперметра и счетчика числа включений стартера.

Перед установкой на автомобиль макетный образец СЭП с НЭ был опробован при положительной температуре на двигателе КАМАЗ-740. При использовании одной щелочной батареи 10НКП-90 и четырех НЭ типа 12ПП-4/0.003 СЭП обеспечила прокрутку двигателя с частотой 214 мин⁻¹ в начале 1-й секунды и 140 мин⁻¹ в конце 5-й секунды. Однократный заряд НЭ позволил осуществить пуск двигателя четыре раза.

На автомобиле заряд НЭ осуществляется от одной батареи типа 6СТ-190 путем нажатия кнопки на пульте управления. Заряд НЭ контролируется по вольтметру пульта управления. По достижении напряжения 12+0,5 В или снижении тока заряда до нуля кнопка отпускается и СЭП готова к работе. При нажатии второй кнопки пульта управления НЭ переключается на последовательное соединение с АБ и стартером. С этого момента стартер начинает работать до тех пор, пока напряжение на НЭ не понизится до 4 В. Процессы, происходящие в СЭП при прокручивании двигателя ЗИЛ-645, показаны на рисунке 2, а при пуске – на рисунке 3. В конце прокрутки стартер автоматически отключается.

Применение в СЭП автомобиля 4-х НЭ типа 12ПП-4/0,003 и специальной схемы их включения позволило исключить одну штатную аккумуляторную батарею. Несмотря на уменьшение количества батарей в два раза, работоспособность СЭП сохранилась и двигатель автомобиля пускается с одной-двух попыток при температурах до минус 19⁰С. Одного заряда

НЭ до 12 В достаточно на три пуска прогретого двигателя. При более низких температурах пуски двигателя не производились.

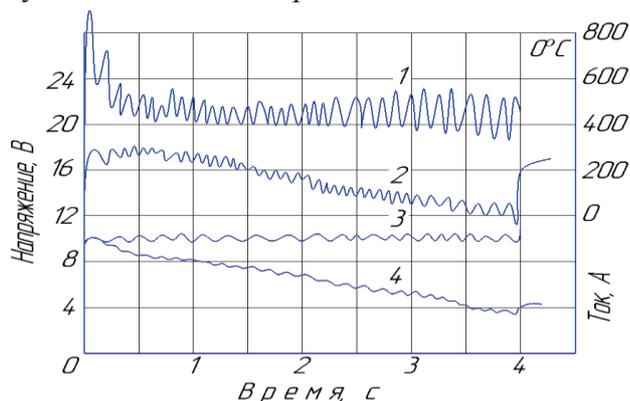


Рисунок 2. Прокрутка двигателя ЗИЛ-645 от НЭ и АБ: 1 – ток стартера $I_{ст}$; 2 – напряжение стартера $U_{ст}$; 3 – напряжение АБ $U_{аб}$; 4 – напряжение НЭ $U_{нэ}$

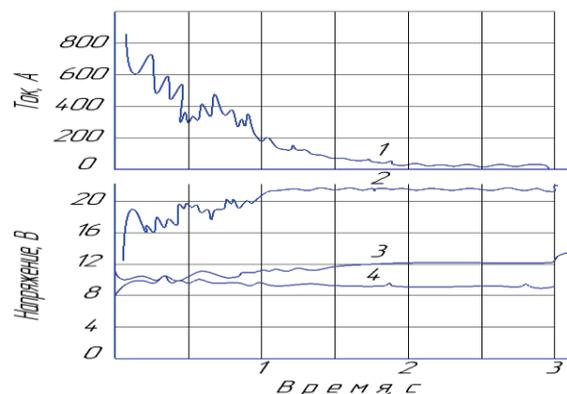


Рисунок 3. Пуск двигателя ЗИЛ- 645 от НЭ и АБ: 1 – ток стартера $I_{ст}$; 2 – напряжение стартера $U_{ст}$; 3 – напряжение АБ $U_{аб}$; 4 – напряжение НЭ $U_{нэ}$

Перед пуском автомобиль находился на открытой площадке не менее 18 часов. Перед каждой попыткой пуска НЭ заряжались от батареи, установленной на автомобиле, в течение 60 с.

Холодный пуск двигателя без использования средств облегчения удалось осуществить с первой попытки при температуре минус 6⁰С. При температуре минус 8⁰С четыре попытки пуска оказались неудачными. При температуре минус 1⁰С одного заряда НЭ до 12 В достаточно на три пуска двигателя. После трех пусков напряжение НЭ упало до 8 В и на 4-й попытке пуска стартер не включился.

Холодный пуск с использованием электрофакельного устройства (ЭФУ) удалось осуществить при снижении температуры до минус 11⁰С. Время разогрева свечей ЭФУ до загорания контрольной лампы при их первом включении составило 90 – 100 с. Перед второй попыткой пуска при повторном включении свечей продолжительность их разогрева снижалась до 60 – 70 с.

Пуск прогретого двигателя предпусковым подогревателем двигателя происходил на первой попытке. Пуски производились при температурах минус 16 и 19⁰С после разогрева двигателя в течение 22 мин. Как правило, пуск двигателя при непредельных температурах осуществлялся с первой попытки. Отказов в работе СЭП с НЭ за весь период испытаний не происходило.

На автомобиле ГАЗ-6640 установлен дизельный двигатель ГАЗ-542. Штатная СЭП включала стартер 30.3708 и четыре аккумуляторные батареи 6СТ-55, в состав опытной СЭП входили две батареи 6СТ-55 и один НЭ типа 24ПП-30/0.003. Батареи, установленные на автомобиле, были соединены последовательно и обслуживали бортовую сеть. Накопитель использовался только при пуске двигателя. Остальное время он был отключен от бортовой сети. Перед каждым пуском НЭ с помощью контактора подключался через ограничительный резистор к АБ и заряжался. Степень заряда НЭ оценивалась по яркости свечения контрольной лампочки, подключенной параллельно НЭ. Контактор и ограничительный резистор были закреплены непосредственно на НЭ. Управление контактором осуществлялось из кабины водителя.

Характер протекания процессов при прокрутке двигателя ГАЗ-542 отражен на рисунке 4. Накопитель, предварительно заряженный до 22,2 В обеспечил прокрутку прогретого на холостом ходу двигателя в течение 3,7 с при снижении напряжения до 12 В и в течение 6,5 с до отключения стартера при напряжении 4 В. Среднее значение тока составило при этом 200 А, а энергия отданная накопителем при разряде до 12 В составила $200 \text{ А} \times 3,7 \text{ с} \times (20+12)/2 = 11840 \text{ Дж}$. НЭ типа 24ПП-30/0.003 при температуре 20⁰С разряжается током 200 А до напряжения 12 В в течение 4 с и отдает при этом 15,6 кДж. Учитывая, что температура

НЭ на автомобиле составляла минус 6°C и что он был заряжен только до 22 В, то можно говорить о хорошем совпадении результатов.

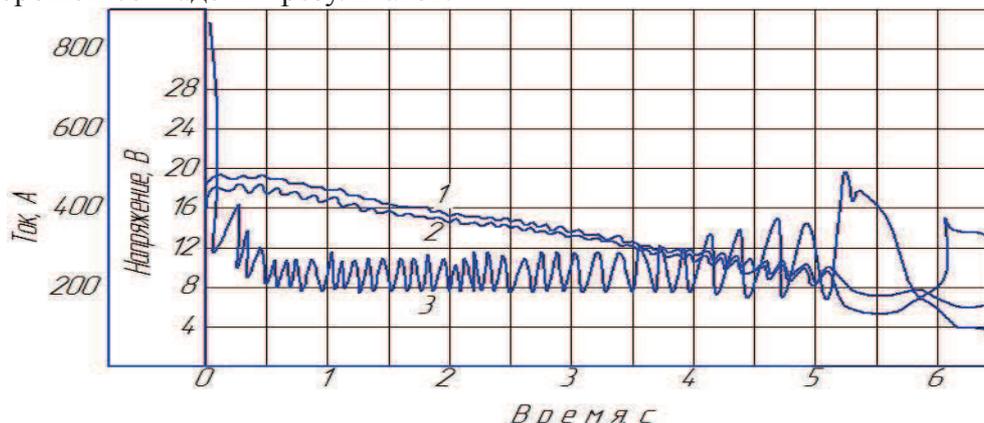


Рисунок 4. Прокрутка прогретого на х.х. двигателя ГАЗ-542 от накопителя энергии 24ПП-30/0.003 при температуре 6°C (1 – $U_{нэ}$; 2 – $U_{ст}$; 3 – $I_{ст}$)

Для сравнения на рисунке 5 показаны прокрутки двигателя ГАЗ-542 от 4-х АБ типа БСТ-55 при разных температурах. Сравнение показывает, что НЭ обеспечивает такую же частоту прокручивания на 1-й – 2-й секундах, как и четыре АБ БСТ-55 при положительной температуре.

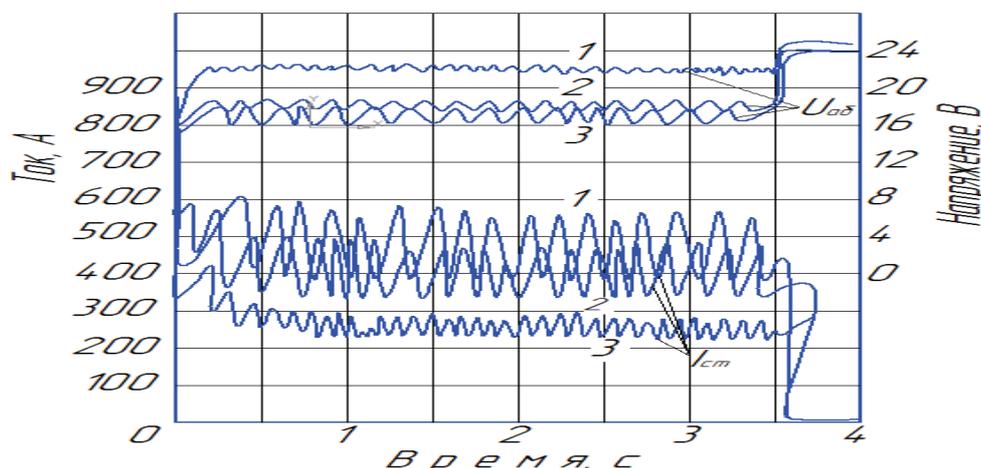


Рисунок 5. Прокрутка двигателя ГАЗ-542 от 4х АБ типа БСТ-55 при разных температурах (1 – -15°C ; 2- -10°C ; 3- -5°C)

Таким образом, можно сделать вывод о том, что один НЭ типа 24ПП-30/0.003 может обеспечить надежный пуск двигателя ГАЗ-542 при температуре минус 6°C . При более низких температурах пуски не производились.

Испытания показали, что для автомобильной техники в целях упрощения схемы коммутации наиболее рациональной является схема СЭП с постоянным параллельным подключением НЭ и АБ. Применение НЭ в СЭП позволяет обеспечить более надежный пуск двигателя при низких температурах в сравнении со штатными аккумуляторными батареями.

Литература

1. Квайт С.М., Менделевич Я.А., Чижков Ю.П. Пусковые качества и системы пуска авто-тракторных двигателей. - М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
2. Чижков Ю.П. Исследование процесса прокручивания коленчатого вала двигателя при использовании в системе электростартерного пуска емкостного накопителя энергии // Межвузовский сборник научных трудов «Автомобильные и тракторные двигатели». Выпуск XIV. – М.: МАМИ, 1998. – С. 197-217.
3. Чижков Ю.П., Малеев Р.А., Шматков Ю.М. Режимы совместной работы аккумуляторной батареи и емкостного накопителя в системе электростартерного пуска // Межвузовский

сборник научных трудов «Автомобильные и тракторные двигатели». Выпуск XIII. - М.: МАМИ, 1996. - С. 118-124.

4. Тракторы. Конструкция / В.М. Шарипов, Д.В. Апельинский., **Л.Х. Арустамов** и др.; Под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: Машиностроение, 2012. – 790 с.

Ситуационный анализ гидравлических систем управления стационарными и мобильными объектами

д.т.н. проф. Шумилов И.С.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

8(499)263-6518, shumilov-it@yandex.ru

Аннотация. Ситуационный анализ гидравлических систем управления (ГСУ) стационарными и мобильными объектами (СМО) представляет собой важнейший этап в создании ГСУ, начиная от решения обликочных задач по ГСУ и кончая конструкторскими решениями по ГСУ и её элементам, который проводится с учётом требований к ГСУ и имеет основной целью обеспечение заданной надёжности ГСУ и безопасности эксплуатации СМО. В статье рассмотрены конструктивные требования к конструкции гидравлической системы управления СМО, основные конструктивные требования к гидравлической системе (ГС) СМО, обеспечивающие надёжность гидравлической системы управления СМО.

Ключевые слова: гидравлические системы управления, стационарные и мобильные объекты, надёжность и безопасность эксплуатации, резервирование системы управления.

Введение

Ситуационный анализ гидравлических систем управления (ГСУ) стационарными и мобильными объектами (СМО) представляет собой важнейший этап в создании ГСУ, начиная от решения обликочных задач по ГСУ и кончая конструкторскими решениями по ГСУ и её элементам. Ситуационный анализ проводится с учётом требований к ГСУ и имеет основной целью обеспечение заданной надёжности ГСУ и безопасности эксплуатации СМО.

В статье рассмотрены требования к конструкции гидравлической системы управления СМО, основные конструктивные требования к гидравлической системе (ГС) СМО, требования к надёжности гидравлической системы управления СМО, конструктивные мероприятия по предупреждению отказов гидроприводов и ГСУ, а также приведены необходимые для выполнения этих требований рекомендации.

В статье показано, что надёжность ГСУ СМО и безопасность ее работы целесообразно приравнивать (или быть выше в зависимости от назначения СМО) к надёжности и безопасности современных аэробусов [4,5]. Крайне целесообразно вести проектирование ГСУ СМО в соответствии с Авиационными правилами АП25 [1] и Руководством по предотвращению авиационных происшествий ИКАО [2], что позволит снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций, а в ряде случаев даже избежать появления тяжелых катастроф на СМО в будущем.

1. Конструктивные требования к гидравлической системе управления СМО

Среди основных требований, предъявляемых к конструкции гидравлической системы управления (ГСУ) СМО, целесообразно выделить следующие:

- конструкция СМО и его системы не должна иметь таких особенностей и частей, которые, как показал опыт, создают аварийные условия или являются ненадёжными. Пригодность таких вызывающих сомнение частей и деталей должна определяться путём соответствующих испытаний;
- все рычаги и элементы управления должны работать легко, плавно и чётко, обеспечивая правильное выполнение заданных функций;