

EVALUATION OF DEVIATION FROM THE PLANE OF THE BOTTOM OF THE TRENCH DIGGING ROTARY EXCAVATOR

A.I. Demidenko, A.Z. Agliullin,
A.B. Letopolsky, D.S. Semkin

Abstract. The equations that describe the surface of the bottom of the trench digging rotary excavators. It is shown that the bottom surface of the trench to existing rotary excavators practically do not differ from the plane. Presented equation relating the measure of the maximum deviation of the bottom surface of the trench from the plane to the design and technological parameters of bucket wheel excavator. It is shown that the proposed equation has an analytical solution, but after appropriate transformation to nomographability form. The equations nomogram scales.

Keywords: trench bottom, parameters of the rotor excavator, nomogram, equations.

References

1. Bronshtein S.S., Semendiyev K.A. *Spravochnik po matematike dly inzhenerov i uchashihsy vtuzov* [Handbook of mathematics for engineers and students of technical colleges]. Moscow, Nauka, 1986, 544 p.
2. Vigodskiy M.I. *Spravochnik po vishej matematike* [Handbook of higher mathematics]. 14-e izd., Moscow, 2001. 864 p.
3. *Nomografii i eyo vozmozhnosti* [Nomography and its capabilities]. G.S. Hovansky. Home edition of physical and mathematical literature «Nauka», Moscow, 1977. 128 p.
4. *Osnovy nomografii* [Basics nomography]. G.S. Hovansky. Home edition of physical and mathematical literature «Nauka», Moscow, 1976. 368 p.
5. Dobronravov S.S. *Stroitelnie mashiny i oborudovanie* [Construction machinery and equipment]: Handbook. S.S. Dobronravov, M.S. Dobronravov, second edition. Moscow, Vishay shkola, 2006. – 445 p.
6. Trofimov A.P. *Zemleroinie i podjemno-transportnie mashiny* [Digging and lifting-transporting

machines]: Reference guide, second edition, Kiev, «Bydivelnyk», 1978, 368 p.

Демиденко Анатолий Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «ТНКИ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Аглиуллин Абрик Зайнулович (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «ТНКИ» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Летопольский Антон Борисович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «ТНКИ», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Семкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Demidenko Anatoly Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, professor, The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Agliullin Abrik Zaynulovich (Russian Federation, Omsk) – senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Letopolsky Anton Borisovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

Semkin Dmitry Sergeyevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: antooooon-85@mail.ru).

УДК 621.432

ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЕ ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

А.Г. Маркин, Б.В. Журавский, А.П. Жигadlo
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье анализируются причины затрудненного пуска автомобильных ДВС в условия низких отрицательных температур. Показано, что определяющее влияние на энергетические возможности системы пуска оказывает значение внутреннего сопротивления АКБ. Говориться о том, что одной из основных причин повышенного внутреннего сопротивления АКБ при эксплуатации автомобиля является её низкая степень заряженности. Рассмотрено влияние режимов эксплуатации автомобиля на степень заряженности АКБ. Приведено описание принципов работы предлагаемой интеллектуальной системы энергообеспечения автомобиля.

Ключевые слова: пуск автомобильного двигателя, стартерная аккумуляторная батарея, баланс электроэнергии, электростартер, автомобильный электрогенератор, потребитель электроэнергии, электрические цепи, электронная система управления.

Введение

Проблема повышения безопасности и эффективности зимней эксплуатации транспортных машин в условиях низких температур является весьма актуальной не только для Российской Федерации, но и стран Скандинавии, Канады, северных штатов США и других стран с холодной зимой. Основной проблемой, с которой сталкиваются эксплуатационники автотракторной техники при низких отрицательных температурах, является обеспечение надёжного пуска холодного двигателя.

Проблема энергетического обеспечения пуска автомобильного двигателя

Создание необходимых условий для успешного пуска двигателей зависит от ряда конструктивных и эксплуатационных факторов. К ним относятся: степень сжатия; степень износа; число оборотов и продолжительность провёртывания коленчатого вала, определяемые вязкостью моторного масла, мощностью стартера, ёмкостью и состоянием аккумуляторных батарей, длиной и сечением стартерного кабеля; свойства топлива и качество его распыливания; применение вспомогательных средств, облегчающих пуск, и т. п. [1,2]. Территория РФ условно делится на следующие интересующие нас климатические зоны: арктическую с преобладанием температур зимой ниже -45°C , субарктическую с преобладанием температур до -45°C и умеренную с температурой до -30°C .

Отказы пуска холодного ДВС при температурах ниже -30°C легко объяснимы. При понижении температуры окружающего воздуха создание условий, необходимых для пуска двигателя, затрудняется. Основные трудности при этом сводятся к следующему: вследствие повышения вязкости моторного масла и увеличения в связи с этим момента сопротивления провёртыванию коленчатого вала, уменьшения мощности системы пуска снижается частота вращения коленчатого вала двигателя. В результате снижения частоты вращения коленчатого вала повышается теплоотдача в стенки цилиндра, увеличиваются утечки воздуха при сжатии, уменьшается давление конца сжатия, ухудшается процесс смесеобразования, так же процессы смесеобразования ухудшаются в результате пониженной температуры топлива [1,2].

Однако, как показывает опыт эксплуатации, отказы пуска автомобильных ДВС до-

вольно часто наблюдаются и в условиях зимы в умеренной климатической зоне при температурах $-20..-30^{\circ}\text{C}$ и даже летом. И это наблюдается когда все системы автомобиля находятся в технически исправном состоянии.

В литературе [3,4,5] описано влияние температуры, степени заряженности АКБ на величину внутреннего сопротивления. В частности на рис.1 показано семейство зависимостей внутреннего сопротивления автомобильной АКБ γ относительно γ_{30} , где γ_{30} – внутренне сопротивление полностью заряженного АКБ при температуре электролита $\theta = 30^{\circ}\text{C}$, от температуры электролита для различной степени заряженности. Под степенью заряженности - k мы приняли отношение фактически запасённой энергии в АКБ - W к её номинальному значению – W_n ($k = W/W_n$).

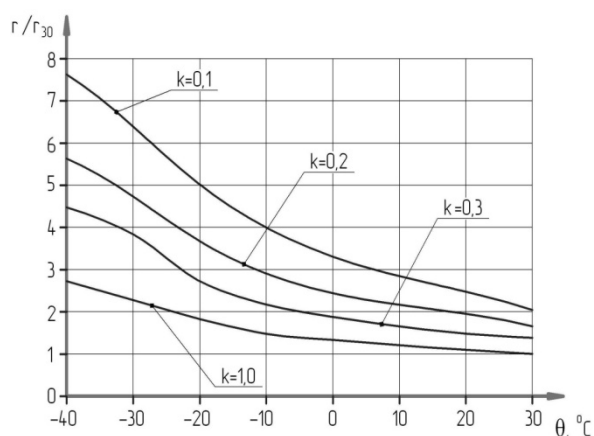


Рис. 1 Семейство зависимостей внутреннего сопротивления АКБ в относительных единицах от температуры электролита для различной степени заряженности АКБ

Данные зависимости применимы для автомобильной АКБ любой ёмкости, ввиду идентичности физико-химических процессов, достаточно знать реальное значение γ_{30} . Стоит отметить, что в диапазоне положительных температур при заряженности АКБ $k = 1,0$ внутреннее сопротивление практически не меняется. Для АКБ с объявленной заводом-изготовителем ёмкостью $C_{20} = 60\text{Ah}$ γ_{30} приблизительно равно 10 мОм . Из рисунка 1 хорошо видно, что степень заряженности АКБ оказывает значительное влияние на её внутреннее сопротивление особенно при снижении температуры электролита.

Анализируя зависимости на рисунке 1 можно сделать следующие выводы: кратность изменения внутреннего сопротивления АКБ при изменении температуры от +30 °С до -30 °С и при степени заряженности $k = 1,0$ составляет 2,3, а при степени заряженности $k = 0,1$ уже 6,4. Как показывают расчеты, исправная АКБ с объявленной заводом-изготовителем емкостью $C_{20} = 60$ Аh, полностью заряженная, обладает энергией около 2,6 МДж. На пуск ДВС в течение пяти секунд при мощности стартера 1,5 кВт необходимо 7,5 кДж. В условиях затрудненного пуска в течение 10 – ти секунд (при низких температурах -20...-30 °С) требуется 45 кДж. И первое, и даже второе значение требуемой для пуска ДВС энергии существенно меньше даже 0,1 (260 кДж) энергии полностью заряженного АКБ и из этого следует, что проблема отказов пуска ДВС в условиях умеренного климата не в отсутствии энергии запасенной в АКБ, а в невозможности передать эту энергию электростартеру.

Максимальное значение мощности, развиваемой АКБ во внешней цепи, зависит от внутреннего сопротивления. Схема пуска ДВС описывается законом Ома для полной цепи. ЭДС АКБ практически не зависит от температуры и не зависит от количества энергии к АКБ. Активное сопротивление нагрузки (стартера) изменяется (уменьшается) приблизительно в три раза при переходе от режима с номинальной мощностью до режима с максимальной мощностью. Из-за наличия внутреннего сопротивления АКБ напряжение на выводах электростартера снижается. При снижении напряжения на выводах АКБ уменьшается частота вращения и мощность электростартера [6,7].

Таким образом, внутреннее сопротивление источника электроснабжения оказывает решающее влияние на рабочие и механические характеристики стартерного электродвигателя и предопределяет возможность пуска ДВС в тех или иных условиях.

Для поддержания определенного уровня заряженности АКБ генератор должен сообщить ей количество энергии, которое батарея отдала во время предшествующего разряда. Так же следует учитывать, что на эффективность процесса заряда АКБ влияние оказывает температура электролита [3,7].

При эксплуатации батареи на автомобиле ее заряд происходит при постоянном напряжении. Производители легковых автомобилей по согласованию с разработчиками батарей устанавливают максимальный уровень за-

рядного напряжения $14,4 \pm 0,2$ В. Данное значение напряжения выбрано из условий минимизации газовыделения при заряде. С уменьшением температуры электролита возрастает внутреннее сопротивление АКБ, в результате при постоянном напряжении бортовой сети уменьшается зарядный ток.

При определенных режимах эксплуатации автомобиля степень заряженности АКБ может снижаться и как правило, это происходит при низких температурах воздуха окружающей среды, частых и длительных пусках холодного двигателя, коротких пробегах со значительным временем работы ДВС в режиме холостого хода с включенными мощными электропотребителями (вентилятор печки, обогреватель заднего стекла, обогреватель зеркал, обогрев сидений. и.т.д.). Данные режимы эксплуатации характерны для городского движения.

Существование проблемы снижения степени заряженности АКБ при эксплуатации автомобилей подтверждают известные рекомендации для этих случаев о необходимости периодической подзарядки АКБ от внешних источников электроэнергии. При заряде АКБ при постоянном напряжении (напряжение бортовой сети) сила тока заряда велика только для незаряженного аккумулятора, и ток заряда резко снижается, когда степень заряженности приближается к $k = (0,2-0,3)$. В частности в литературе [3,4] указывается, что для того чтобы обеспечить заряженность АКБ $k = (0,7-0,8)$ необходимо чтобы двигатель работал на высоких оборотах несколько десятков часов. Все это позволяет утверждать, что, как правило, в автомобилях, эксплуатируемых в городском режиме, степень заряженности АКБ составляет порядка $k = (0,1-0,3)$. Косвенным подтверждением этого является хорошо известный из практики факт: с включенным ДВС и включенными фарами ближнего света, АКБ полностью разряжается (стартер не вращается) за 20 – 40 минут.

Все вышесказанное и объясняет причину частых отказов пуска ДВС в зимнее время в условиях умеренного климата.

Способы решения проблемы энергетического обеспечения пуска автомобильного двигателя

Автопроизводители предлагают варианты решения проблемы отказа пуска ДВС по причине недозаряженности стартерной АКБ.

Один из вариантов заключается в том, что используются две АКБ: одна для обеспечения энергией электростартера, другая АКБ для обеспечения всех потребителей в случае ос-

тановки двигателя [8]. Полной гарантии успешности пуска ДВС в этом случае нет, т.к. и в этом случае компенсация потерь энергии в АКБ на пуск двигателя обеспечивается тем же генератором при постоянном напряжении, равном напряжению бортовой сети.

Так же предлагается вариант оснащения автомобиля электронными системами, отслеживающими количество оставшейся энергии в АКБ и отключающими потребителей при остановленном ДВС от АКБ, либо автоматически запускающие ДВС для работы на режиме холостого хода [8]. Эффективность этого варианта ограничена по двум причинам. Первая причина: физика не позволяет измерить количество энергии в АКБ. Все попытки измерить эту величину приводят только к оценке ее значения, зачастую далекой от реальности. Вторая причина: заряд происходит при постоянном напряжении, равном напряжению бортовой сети.

Для решения проблемы затрудненного пуска ДВС по причине недостаточной заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля мы предлагаем следующее:

1. Добавить в систему энергообеспечения автомобиля вторую АКБ.

2. Эти АКБ используются поочередно. Одна АКБ используется и для пуска ДВС и для энергообеспечения всех потребителей автомобиля при работающем и не работающем ДВС. Вторая АКБ используется только для обеспечения энергией потребителей при работающем и неработающем ДВС, без подключения электростартера.

3. Используя современные методы и возможности электроники, возможна реализация на базе микроконтроллера электронного блока управления, в функции которого будет входить определение интегральной энергии АКБ, израсходованной на потребители или полученной от генератора.

4. Интегральная энергия определяется на основании непрерывного измерения тока и напряжения АКБ.

5. На основании этой информации будет определяться степень заряженности батареи. При степени заряженности АКБ ниже $k=0.8$ исполнительный элемент – коммутатор переведет эту АКБ в режим принудительного заряда постоянным током, получаемым от специального электронного преобразователя. С этого момента питание всех потребителей обеспечивается вторым АКБ, который работает по аналогичной схеме. Пороговая степень заряженности АКБ $k=0.8$ выбрана из соображений допустимости возрастания внут-

реннего сопротивления при снижении температуры.

Заключение

Уменьшение вероятности пуска ДВС в условиях отрицательных температур умеренной климатической зоны, в большей степени обусловлено повышенным внутренним сопротивлением АКБ, при её низкой степени заряженности. При определенных режимах эксплуатации автомобиля степень заряженности АКБ может снижаться, как правило, это происходит в при низких температурах воздуха окружающей среды, частых и длительных пусках холодного двигателя, коротких пробегах с включенными мощными электропотребителями, данные режимы эксплуатации характерны для городского движения.

Для решения проблемы затрудненного пуска ДВС по причине недостаточной заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля предлагается оснащение автомобиля интеллектуальной системой энергоснабжения. Применение данной системы позволит постоянно поддерживать высокое значение степени заряженности АКБ при эксплуатации автомобиля, что позволит повысить вероятность пуска ДВС в условиях низких отрицательных температур. В целях обеспечения безопасности эксплуатации предлагаемой системы желательно использовать АКБ тип SMF [8].

Следует отметить, что данная система позволяет использовать устройства предпусковой тепловой подготовки ДВС типа Webasto без опасения отказа пуска ДВС в результате отсутствия энергии в АКБ.

Библиографический список

1. Журавский Б.В. Повышение эффективности эксплуатации автомобилей в условиях низких отрицательных температур / Б.В. Журавский, Л.Н. Киселева // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно – строительного и дорожно - транспортного комплексов России: материалы 66-й научно – практической конференции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» СибАДИ. – Омск: СибАДИ, Кн. 2. – 2012. – С. 32-35.
2. Робустов В.В. О проекте завода "северных" автомобилей в г. Омске: состояние, проблемы и перспективы. Какой автомобиль нужен России?: материалы / В.В. Робустов, Б.В. Журавский // 69-й Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) / НАМИ, ОАР, СибАДИ [и др.]. – Омск: СибАДИ, 2010. – С. 210-216.
3. Акимов С.В. Электрооборудование автомобилей: учебник для ВУЗов / С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. – М.: ЗАО «ЮКИ» «За рулем», 2003. – 384 с.

4. Дентон, Т. Автомобильная электроника / Том Дентон; пер. с англ. Александрова В.М. – М.: ИТ Прес, 2008. – 576 с.

5. Соснин, Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: учебное пособие / Д.А. Соснин. – М.: САЛОН-Р, 2001. – 272 с.

6. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Курс лекций / Ю.П. Чижков. – М.: Издательство «Машиностроение». 2002. – 240 с.

7. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: учеб. для студентов вузов / В.Е. Ютт. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1995. – 304 с.

8. Service Training. Пособие по программе самообразования 234. Автомобильные аккумуляторные батареи. Теория и практика. VOLKSVAGEN AG, Вольфсбург, VK-21 Service Training. По состоянию на 01.04

POWER SUPPLY OF START-UP OF THE ENGINE INTERNAL COMBUSTION OF THE CAR

A.G. Markin, B. V. Zhuravsky, A.P. Zhigadlo

Abstract. The article analyzes the reasons of the complicated start-up automotive internal combustion engines in the conditions of low negative temperatures. It is shown that decisive impact on the energy system has a start value of the internal resistance of the battery. They say that one of the main causes of increased internal resistance of the battery during operation of the vehicle is its low degree of charge. The influence of the modes of operation of the vehicle to charge the battery. The description of the operation principles of the proposed intelligent energy supply system of the vehicle.

Keywords: Start the automobile engine, starter battery, energy balance, electric starter, electric motor, electric appliance, electric circuit, electronic control system.

References

1. Zhuravskij B.V., Kiseleva L.N. Povyshenie jeffektivnosti jekspluatatsii avtomobilej v uslovijah nizkih otricatel'nyh temperatur / B.V. Zhuravskij, L.N. Kiseleva [Increase of efficiency of operation of cars in the conditions of low negative temperatures]. *Orientirovannye fundamental'nye i prikladnye issledovanija – osnova modernizatsii i innovacionnogo razvitija arhitekturno – stroitel'nogo i dorozhno - transportnogo kompleksov Rossii: materialy 66-j na-uchno – praktičeskoj konferencii FGBOU VPO «SibADI»* SibADI, Omsk: SibADI, Kn. 2. 2012. pp.32-35.

2. O proekte zavoda "severnnyh" avtomobilej v g. Omske: sostojanie, problemy i perspektivy. Kakoj avtomobil' nuzhen Rossii? [About the project of plant of "northern" cars in Omsk: state, problems and prospects. What car is necessary to Russia?] *Materialy 69-j Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoi konferencii*

Associacii avtomobil'nyh inzhenerov (AAI) NAMI, OAR, SibADI, Omsk: SibADI, 2010. pp.210-216.

3. Akimov S.V., Chizhkov Ju.P. *Jeлектрооборудование avtomobilej* [Elektrooborudovaniye of cars]. Moscow, ZAO «KZhl» «Za rulem», 2003, 384 p.

4. Denton T. *Avtomobil'naja jelektronika* [Automobile electronics]. Moscow, NT Pres, 2008. 576 p.

5. Sosnin D.A. *Avtotronika. Jeлектрооборудование i sistemy bortovoj avtomatiki sovremen-nyh legkovykh avtomobilej: uchebnoe posobie* [Avtotronika. Electric equipment and systems of onboard automatic equipment of modern cars: manual]. Moscow, SALON-R, 2001. 272 p.

6. Chizhkov Ju.P. *Jeлектрооборудование avtomobilej* [Elektrooborudovaniye of cars]. Moscow, Izdatel'stvo Mashinostroenie, 2002. 240 p.

7. Jut, V.E. *Jeлектрооборудование avtomobilej: ucheb. dlja studentov vuzov* [Elektrooborudovaniye of cars: studies]. Moscow, Transport, 1995. 304 p.

8. Service Training. A grant according to the program of self-education 234. Automobile batteries. Theory and practice. VOLKSVAGEN AG, Wolfsburg, VK-21 Service Training. On a state on 01.04.

Маркин Анатолий Геннадьевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры "Тепловые двигатели и автотракторное оборудование" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: markinag@front.ru).

Журавский Борис Викторович (Россия, г. Омск) – Старший преподаватель кафедры "Эксплуатация и ремонт автомобилей" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Жигadlo Александр Петрович (Россия, г. Омск) – доктор педагогических наук, кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой "Инженерная педагогика" ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: zhigadlo_ap@sibadi.org).

Markin Anatoly Gennadevich (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: markinag@front.ru).

Zhuravsky Boris Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – senior teacher The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Zhigadlo Alexander Petrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, the associate professor; The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: zhigadlo_ap@sibadi.org).