

КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ СООТНОШЕНИЯ И СВОЙСТВА СМЕСЕВЫХ СИСТЕМ УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Ю. В. ПАНКОВ, кандидат химических наук, доцент,
Л. А. НОВОПАШИН, кандидат технических наук, доцент,
Л. В. ДЕНЕЖКО, кандидат технических наук, доцент,
А. А. САДОВ, аспирант,
Уральский государственный аграрный университет
(620075, Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42)

Ключевые слова: вязкость топлива, дизель, смеси, дизельное топливо, рапсовое масло, этерификация, этиловый эфир, температура, свойства смесей.

Вязкость топлива зависит от его углеводородного состава. Растительные масла рассматриваются как альтернативное дизельное топливо. Большая вязкость растительного масла затрудняет рассматривать его как товарное топливо для дизельного двигателя. Растительные масла являются липидами, эфирами жирных кислот или глицеринами. Обладая высокой теплотворной способностью, они содержат прямые углеводородные цепи, что обуславливает их относительно высокие цетановые числа. Вязкость и плотность определяют процессы испарения и смесеобразования в дизеле, так как от них зависит форма и строение топливного факела, размеры образующихся капель, дальность проникновения капель топлива в камеру сгорания. Более низкая плотность и вязкость обеспечивают лучшее распыление топлива; с повышением вязкости увеличивается диаметр капель и уменьшается полное их сгорание, в результате увеличивается удельный расход топлива, растет дымность отработавших газов. Вязкость топлива влияет на наполнение насоса и на утечку топлива через зазоры плунжерных пар. При уменьшении вязкости количество дизельного топлива, просачивающегося между плунжером и втулкой, возрастает, в результате снижается подача насоса. Перевод двигателя на топливо с меньшей плотностью и вязкостью может привести к прогару головок поршня, в связи с чем, требуется регулировка топливной аппаратуры. От вязкости зависит износ плунжерных пар. Вязкость топлива в пределах 1,8–7,0 мм²/с практически не влияет на износ плунжеров топливной аппаратуры современных быстроходных дизелей. Рассмотрим применение растительного рапсового масла как альтернативного дизельного топлива. Вязкость рапсового масла можно снизить химическим преобразованием этерификации и получением этиловых эфиров. Вязкость рапсового масла можно снизить физическим воздействием. При нагревании исходного рапсового масла на 80 °C создается вязкость аналогичная вязкости товарного дизельного топлива. Смесевые системы при нагревании на температуры 40–50 °C будут иметь соизмеримую эксплуатационную вязкость дизельного двигателя.

QUANTITATIVE RELATIONSHIPS AND PROPERTIES OF MIXED SYSTEMS HYDROCARBON COMPOSITION FOR A DIESEL ENGINE

Y. V. PANKOV, candidate of chemical sciences, associate professor,
L. A. NOVOPASHIN, candidate of technical sciences, associate professor,
L. V. DENEZHKO, candidate of technical sciences, associate professor,
A. A. SADOV, post-graduate student,
Ural State Agricultural University
(42 K. Liebknehta Str., 620075, Ekaterinburg)

Keywords: viscosity fuel, diesel, blends, diesel, rapeseed oil, etherification, ethyl ether, the temperature properties of the mixtures.

Viscosity of fuel depends on its hydrocarbon structure. Vegetable oils are considered as an alternative to diesel fuel. Big viscosity of vegetable oil makes it difficult to consider it as commodity fuel for the diesel engine. Vegetable oils are lipids, air of fatty acids or glycerin. Having high calorific ability, they contain direct hydrocarbon chains that causes their rather high cetane numbers. Viscosity and firmness define processes of evaporation and air-fuel mixing in the diesel as the form and a structure of a fuel torch, the sizes of the formed drops, range of penetration of drops of fuel into a combustion chamber depends on them. Lower firmness and viscosity provide the best dispersion of fuel; with increase in viscosity, diameter of drops increases and their complete combustion decreases, specific fuel consumption as a result increases, smoke of the fulfilled gases grows. Viscosity of fuel influences filling of the pump and escape of fuel through spacings of plunger couples. At viscosity reduction the quantity of the diesel fuel filtering between a plunger and the barrel increases, the pump output as a result decreases. Conversion of the engine to fuel with smaller firmness and viscosity can lead to a burn-out of piston crowns in this connection, resetting of the fuel equipment is required. Wear of plunger couples depends on viscosity. Viscosity of fuel within 1.8–7.0 mm²/sec almost doesn't influence wear of plungers of the fuel equipment of modern high-speed diesels. Let us consider use of vegetable rape oil as alternative diesel fuel. Viscosity of rape oil can be reduced chemical transformation of an etherification and receiving ethyl air. Viscosity of rape oil can be reduced physical impact. When heating initial rape oil at 80 °C viscosity similar to viscosity of commodity diesel fuel is created. Mixing systems when heating on temperatures 40–50 °C will have commensurable operational viscosity of the diesel engine.

Положительная рецензия представлена Е. Е. Баженовым, доктором технических наук, профессором, директором института автомобильного транспорта и технологических систем Уральского государственного лесотехнического университета.

Снижение вязкости растительного рапсового масла можно произвести механическим смешиванием с дизельным топливом. Количественные соотношения смеси, определяющие структурное строение различных модификаций смесей топлива зависят от создаваемой смешиванием конфигурации насыщения – «свободного объема» для компонентов системы. При отсутствии насыщения соседства частицы материала заполняют меньше 1/3 полного объема статистического распределения частиц добавляемого материала. Последнее условие (условие насыщения) определяет количественные границы внедрения частиц без объединения (без коагуляции). При заполнении добавляемого материала больше 1/3 полного объема возникают условия соседства частиц. Частицы коагулируют и создают цепи. Аксиомы ячеечной модели, в рамках которой было введено понятие «свободный объем», была первоначально предложена для жидкостей и газов. Свободный объем и его физико-механическое состояние влияет на структурные и эксплуатационные свойства топливных смесей и их применение в дизельных двигателях. Поэтому при моделировании нужно учитывать, что между частицами имеется свобода движения и отсутствие контактов однородного материала при количестве 36 % объема добавки.

Описывая структуры углеводородов, мы обращаемся с атомами, как с шариками, соединяя их мысленно в том или другом порядке. Такое представление о реальных физических частицах называется модельным (рис. 1). Состояние высокомолекулярной системы очень сильно влияет на его механические, химические, термические свойства и проницаемость. Многие свойства определяются структурными факторами, такими, как межцепные взаимодействия,

молекулярная масса и состояния свободного объема. Свободный объем позволяет частицам находиться в кинетическом состоянии и определять эффективную вязкость системы.

Границы модельных представлений (обобщений) не должны мешать изучаемым свойствам воспринимаемым реальным молекулам, которые сознательно не учитываются.

Имитационным моделированием системы топливной смеси дизельного топлива (А) и рапсового масла (В) можно оценить критерии границ насыщения и определения значений количественных добавок определяющих новые свойства топливной смеси.

Масштабные соотношения основного, базового, материала и добавочного материала позволяют увидеть возможные расположения частиц после механического перемешивания углеводородной альтернативной топливной смеси. На рис. 2, 3, 4 представлены модификации альтернативного топлива в состояниях механического смешивания ● – компонента (А)_х и ○ – компонента (В)_{1-х}.

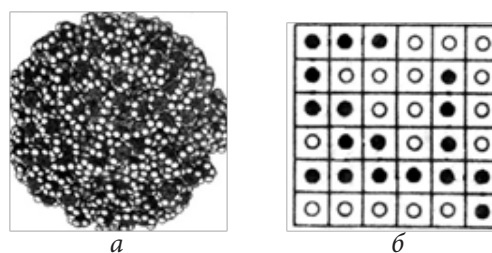


Рис. 1. Схемы имитационного моделирования капли топливной смеси «дизельное топливо + рапсовое масло» в модели бусинок (а) и ячеечной модели (б), при условии соседства частиц. Кругочки: черные – дизельное топливо; белые – рапсовое масло.
Fig. 1. Schemes of imitation models of a drop of fuel mix "diesel + rape oil" as a set of beads (a) and a set of cells (b) under the condition of particle contingency. Black circles are diesel fuel, white – rape oil

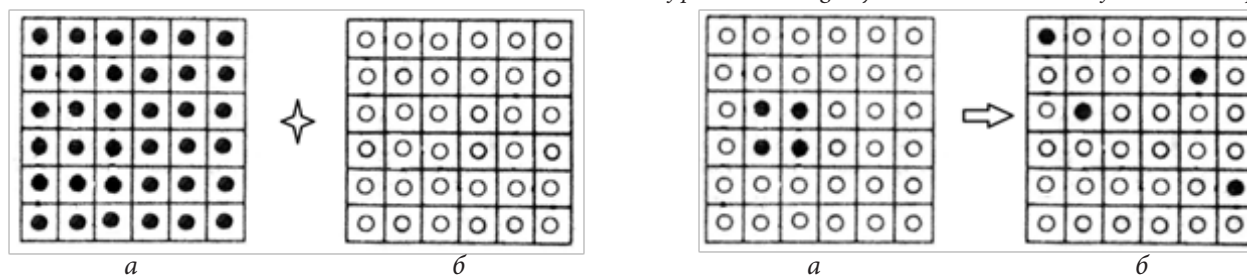


Рис. 2. Схема ячеечной модели компонентов топливной смеси. Слева исходное состояние; справа 10 % смеси дизельного топлива и рапсового масла; а) до перемешивания; б) после перемешивания
Fig. 2. Scheme of cell model of fuel mix components. To the left is the initial condition; to the right is the 10 % mixture of diesel fuel and rape oil; a – before mixing, b – after mixing

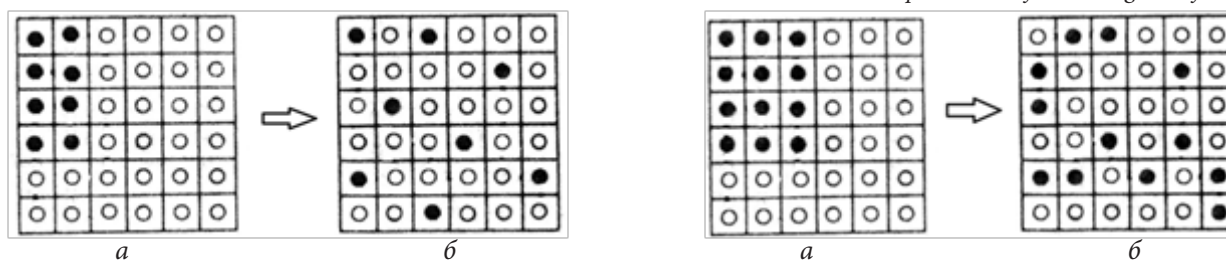


Рис. 3. Схема ячеечной модели компонентов топливной смеси. Слева 20 % состояние; справа 30 % состояние смеси дизельного топлива и рапсового масла; а) до перемешивания; б) после перемешивания
Fig. 3. Scheme of cell model of fuel mix components. To the left is the 20 % condition; to the right is the 30 % mixture of diesel fuel and rape oil; a – before mixing, b – after mixing

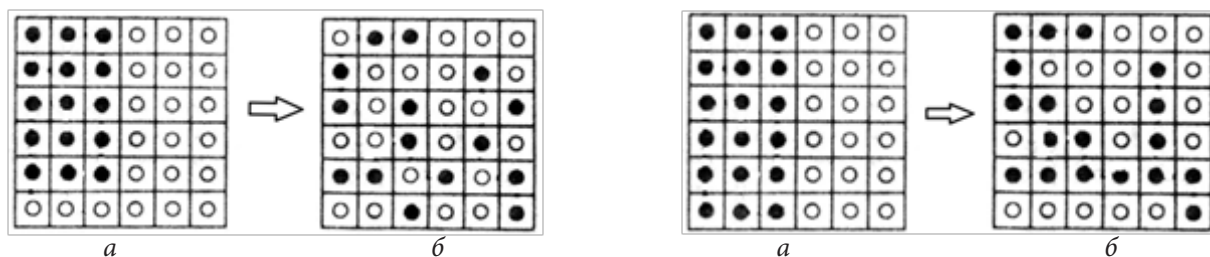


Рис. 4. Схема ячеечной модели компонентов топливной смеси. Слева 40 % состояние; справа 50 % состояние смеси дизельного топлива и рапсового масла; а) до перемешивания; б) после перемешивания
Fig. 4. Scheme of cell model of fuel mix components. To the left is the 40 % condition; to the right is the 50 % mixture of diesel fuel and rape oil; a – before mixing, b – after mixing

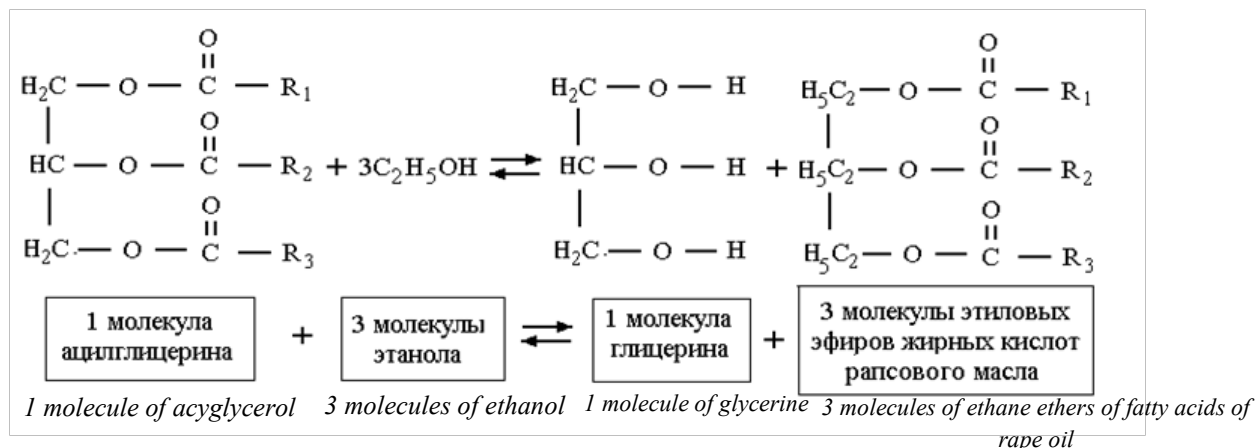


Рис. 5. Схема этерификации рапсового масла в глицерин и метиловый эфир. После сепарации получается 3 молекулы этиловых эфиров (МЭРМ)

Fig. 5. Scheme of etherification of rape oil into glycerine and methyl ether. After the separation we get 3 molecules of ethyl ethers

Влияние температуры на вязкость и плотность рапсового масла

Influence of temperature on viscosity and density of rape oil

Температура, °C Temperature, °C	Вязкость, мм ³ /с Viscosity, mm ³ /s	Плотность масла, кг/м ³ Density of oil, kg/m ³
20	69,5	918
40	31,5	904,2
60	16,8	890,5
80	10,2	877

При дозировании дизельного топлива 10 % в рапсовое масло после перемешивания в смеси распределение частицы блокированы и изолированы.

Дисперсное состояние частиц 20 % смеси дизельного топлива и рапсового масла распределены в объеме без вероятности коагулировать. Дисперсное состояние частиц 30 % смеси дизельного топлива в рапсовое масло, распределяются в объеме с вероятностью коагулировать в цепи.

Структурные связи молекул дизельного топлива создают длинные цепи, и экранизация дизельного топлива в объеме рапсового масла снижается. Дисперсное состояние частиц 50 % смеси дизельного топлива в рапсовое масло после перемешивания, распределяются в объеме с коагуляцией добавляемого компонента, образуя цепи.

Вязкость рапсового масла можно снижать химически преобразованием трансэтерификацией, (замещения трехвалентных молекул глицерина тремя одновалентными молекулами спирта) получится ме-

тиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Как показывают литературные данные, замещение трехвалентных молекул глицерина посредством добавления 11 % количества метанола или этанола. На 1000 кг растительного масла обычно добавляют 110 кг метилового или этилового спирта и получают 1000 кг метилового или этилового эфира и 110 кг глицерина. Рапсовое масло приобретает свойства, весьма близкие к дизельному топливу. Так вязкость рапсового масла при нормальных условиях после такой трансэтерификации достигает 5,1 мм²/с, минимальное цетановое число 54 и низшая теплотворная способность 34300 кДж/кг. Высокая температура воспламенения для организаций хранящих и транспортирующих ГСМ: точка воспламенения для биодизеля превышает значение 100 °C.

Достигнутые, положительные качества объясняются тем, что добавление метанола (метилы) и этанола (этилэфиры) по сравнению с базовым рапсовым маслом создаются лучшие моторные качества.

Физико-химические показатели рапсового масла и товарного дизельного топлива при постоянстве заданных 20 °С

Table 2

Physical and chemical indicators of rape oil and manufactured diesel fuel at constant 20 °C

Вид топлива <i>Type of fuel</i>	Плотность, кг/м ³ <i>Density, kg/m³</i>	Вязкость, мм ³ /с <i>Viscosity, mm³/sec</i>
100 % ДТ	826	4,3
25 % РМ + 75 % ДТ	855	8,6
50 % РМ + 50 % ДТ	870	17,0
75 % РМ + 25 % ДТ	891	36,0
90 % РМ + 10 % ДТ	908	54,0
90 % РМ* + 10 % ДТ	905	51,7
90 % РМ** + 10 % ДТ	908	47,4
100 % РМ	916	75,1

Примечание: *Рапсовое масло, обработанное ультразвуком с частотой излучения 22 кГц; ** рапсовое масло, обработанное ультразвуком с частотой излучения 44 кГц.

Note: * Rape oil processed with ultrasound with the frequency of 22 kGz; ** rape oil processed with ultrasound with the frequency of 44 kGz.

К тому же при их использовании на стенках деталей цилиндрично-поршневой группы не образуют нагароотложения. Однако эфиры (особенно метилэфиры) нестабильны (при низких температурах образуют кристаллы маслянистого эфира) и поэтому требуют частого контроля качества. К тому же они взаимодействуют с материалами деталей топливной системы. Эти обстоятельства затрудняют применение трансэтерфикации. Важными характеристиками рапсового масла являются йодное число, характеризующее термическую стабильность рапсового масла, и кислотность, определяющая коррозионный износ деталей системы топливоподачи и степень на тепловыделения при сгорании.

Вязкость рапсового масла и плотность можно понижать физическим воздействием температурой нагрева (табл. 1). Так, для вязкого рапсового масла нагрев на 80 °С создает вязкость соизмеримую с вязкостью дизельного топлива, (табл. 1). При использовании рапсового масла в качестве моторного топлива требуется ввести в топливную систему двигателя специальные подогреватели (теплообменники), обеспечивающие его локальный подогрев и, как следствие, снижающий вязкость. Молекулы углеводородных топливных смесей состоят из атомов углерода и водорода, соединенных силами химических связей.

Данные табл. 1 свидетельствуют о возможности снижения вязкости рапсового масла путем его подогрева.

Эти силы возникают в результате взаимодействия электронов. Особенностью химических связей является их пространственная ориентация: соединяющиеся частицы располагаются так, что молекула приобретает вполне определенную геометрическую структуру и форму. Энергия связи определяет кинетическое и динамическое состояние системы.

Повышением температуры увеличивается внутренняя энергия в форме кинетической энергии частиц. Подвижность частиц увеличивается, вязкость растительного масла уменьшается.

В табл. 2 приведены значения [2] вязкости, плотности рапсового масла и товарного дизельного топлива среднего состава ГОСТ 305–82.

Выводы. Определены нижние и верхние границы насыщения состава углеводородной смеси рапсового масла и товарного дизельного топлива с интервалом быстрого изменения свойств физико-химических характеристик. Интервал нижней границы начинается от 0 и заканчивается 33 % добавок, что определяет насыщение с быстрым изменением свойств смеси. Интервал верхней границы насыщения добавок начинается от 76 % добавляемого материала и заканчивается 100 %, т. е. полной заменой смеси на материал со свойствами добавляемого материала.

Литература

1. Денежко Л. В., Садаков И. А. Исследование физико-химических свойств альтернативных топлив для дизелей // Стратегия развития российского образования и аграрной науки в XXI веке : мат. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2010. С. 39–43.
2. Новопашин Л. А. Альтернативные виды топлив (г. Екатеринбург, УГТУ–УПИ, 2005). Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на био–топливе. М., 2008. 136 с.
3. Федоренко В. Ф. Состояние и развитие производства биотоплива. М., 2007. 130 с.
4. Садов А. А., Говорухин И. А., Чадов А. С. Влияние транспорта на окружающую среду и мероприятия // Молодежь и наука. 2014. № 4. С. 28.
5. Садов А. А. Получение биодизеля и его применение в качестве топлива для тракторов // Молодежь и наука. 2014. № 1. С. 9.

6. Садов А. А., Намятов М. С. Применение добавок водородно-кислородной смеси в систему питания дизельных двигателей // Молодежь и наука. 2013. № 4. С. 14.
7. Денежко Л. В., Новопашин Л. А., Асанбеков К. А. Исследование рапсовых смесей различного состава в тракторном дизеле // Аграрный вестник Урала. 2015. № 1. С. 53–54.
8. Денежко Л. В., Новопашин Л. А., Кочетков П. В. Исследование применения смесевых топлив различного состава в автотракторных дизелях // Вестник науки Костанайского социально-технического университета им. З. Алдамжар. 2015. № 1. С. 74–77.
9. Денежко Л. В., Новопашин Л. А. Получение и исследования свойств биодизеля в качестве топлива для тракторов в условиях Урала // Аграрный вестник Урала. 2014. № 4. С. 43–49.
10. Денежко Л. В., Новопашин Л. А. Влияние спирто-рапсовых смесей на показатели работы тракторного дизеля // Аграрный вестник Урала. 2014. № 5. С. 49–51.
11. Асызев А. В., Садаков И. А., Новопашин Л. А. Использование этанола в качестве добавки к топливу для бензиновых двигателей // Вестник науки Костанайского социально-технического университета им. З. Алдамжар. 2012. № 1. С. 7–11.
12. Садаков И. А., Новопашин Л. А., Коротаев А. А. Исследование показателей качества топливных композиций на основе растительных масел // Достижения науки – агропромышленному производству : мат. I междунар. науч.-техн. конф. Челябинск, 2011. С. 159–163.

References

1. Denezhko L. V., Sadakov I. A. Study of physical and chemical properties of alternative fuels for diesels // Strategy of development for Russian education and agrarian science in the 21st century : proc. of the scient. and pract. symp. Ekaterinburg, 2010. P. 39–43.
2. Novopashin L. A. Alternative types of fuels (Ekaterinburg, UGTU–UPI, 2005). Results of testing and the prospect of operation of diesels on biofuel. M., 2008. 136 p.
3. Fedorenko V. F. Condition and development of biofuel production. M., 2007. 130 p.
4. Sadov A. A., Govorukhin I. A., Chadov A. S. Influence of transport on the environment and action // Youth and science. 2014. № 4. P. 28.
5. Sadov A. A. Receipt of biodiesel and its application in a fuel quality for tractors // Youth and science. 2014. № 1. P. 9.
6. Sadov A. A., Namyatov M. S. Use of additives of hydrogen – oxygen mix in a power supply system of diesel engines // Youth and science. 2013. № 4. P. 14.
7. Denezhko L. V., Novopashin L. A., Asanbekov K. A. Study of rape oil mixes of various structure in tractor diesel // Agrarian Bulletin of the Urals. 2015. № 1. P. 53–54.
8. Denezhko L. V., Novopashin L. A., Kochetkov P. V. Study of application the mixture of fuels of various structure in autotractor diesels // Messenger of science of the Kostanay Social and Technical University of Z. Aldamzhar. 2015. № 1. P. 74–77.
9. Denezhko L. V., Novopashin L. A. Obtaining and researches of properties of biodiesel in a fuel quality for tractors in the conditions of the Urals // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 4. P. 43–49.
10. Denezhko L. V., Novopashin L. A. Influence of spirits – rape oil mixes on indicators of work of tractor diesel // Agrarian Bulletin of the Urals. 2014. № 5. P. 49–51.
11. Asyazev A. V., Sadakov I. A., Novopashin L. A. Use of ethanol as additive to fuel for petrol engines // Messenger of science of the Kostanay Social and Technical University of Z. Aldamzhar. 2012. № 1. P. 7–11.
12. Sadakov I. A., Novopashin L. A., Korotayev A. A. Study of indicators of quality of fuel compositions on the basis of vegetable oils // Achievements of science for agroindustrial production : proc. of the intern. scient. symp. Chelyabinsk, 2011. P. 159–163.