



УДК 621.43.001.42

А.В. Гриценко, Д.Д. Бакайкин

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК

В статье представлен новый способ диагностирования пропускной способности электромагнитных форсунок, определены режимы диагностирования и диагностические параметры, получен патент РФ на изобретение № 2418190.

Ключевые слова: диагностирование, система топливоподачи, электромагнитная форсунка, двигатель внутреннего сгорания, пропускная способность.

A.V. Gritsenko, D.D. Bakajkin

THE EXPERIMENTAL RESEARCH RESULTS OF THE ELECTROMAGNETIC INJECTORS BANDWIDTH

The new way to diagnose electromagnetic injectors bandwidth is presented in the article, examination modes and examination parameters are determined, the patent of the Russian Federation for the invention № 2418190 is received.

Key words: diagnosis, fuel injection system, electromagnetic injector, internal combustion engine, bandwidth.

Введение. Основным элементом, который лимитирует надежность системы топливоподачи (СТ) бензиновых двигателей внутреннего сгорания (ДВС), является электромагнитная форсунка (ЭМФ) [1]. Отказы системы топливоподачи (СТ) составляют, по разным данным, 18–30% от всех отказов двигателя внутреннего сгорания (ДВС), а отказы ЭМФ – 9–15% соответственно.

Для контроля технического состояния ЭМФ имеется большое количество диагностических средств. Однако значительная трудоемкость их использования, потребность в разборке СТ, низкая точность не позволяют производить достоверный контроль их технического состояния [2]. Поэтому актуальной проблемой является разработка средств и методов диагностирования без разборки СТ двигателя внутреннего сгорания.

Цель исследования. Повышение эффективности технической диагностики пропускной способности электромагнитных форсунок.

Задачи исследования:

1. Разработать средство и метод диагностирования пропускной способности ЭМФ двигателя внутреннего сгорания.
2. Экспериментально установить связь между изменением частоты вращения коленчатого вала ДВС (мощности) и изменением качества ТВС.
3. Определить режимы работы ДВС, на которых изменение коэффициента избытка воздуха вызывает наибольшее изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС.

Материал и методика. Нашим коллективом разработан отключатель электромагнитных форсунок (догрузатель) [3], представляющий собой универсальное СТД, основанное на тестовом контроле правильности функционирования систем ДВС. При использовании данного СТД возможно достоверное определение технического состояния СТ ДВС путем выявления смещения баланса индикаторной мощности и мощности механических потерь и создания тестовых режимов, повышающих чувствительность данного баланса при возникновении неисправностей СТ ДВС, что видно из рисунка 1, на котором представлено смещение баланса индикаторной мощности N_i и мощности механических потерь $N_{МП}$ при возникновении неисправности в СТ ДВС.

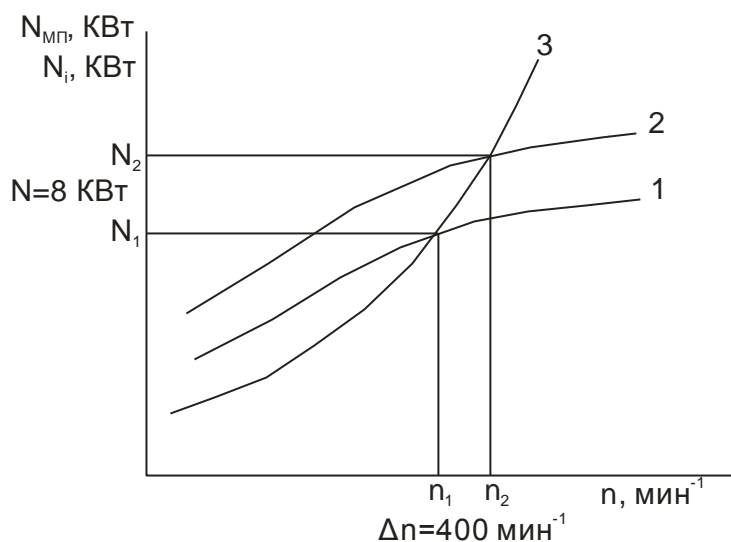


Рис. 1. Смещение баланса мощности N_i и $N_{МП}$, кВт, в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (чкв) ДВС n , мин⁻¹: n_1 – установившаяся чкв ДВС при техническом состоянии 1; n_2 – установившаяся чкв ДВС при техническом состоянии 2; N_1 – индикаторная мощность при чкв ДВС n_1 ; N_2 – индикаторная мощность при чкв ДВС n_2

Для исправного ДВС равенство балансов наступает при пересечении кривых 2, 3, что соответствует индикаторной мощности N_2 и чкв ДВС n_2 . При возникновении неисправности пересечение смещается – кривые 1, 3, что соответствует индикаторной мощности N_1 и чкв ДВС n_1 .

Как видно из рисунка 1, изменение индикаторной мощности ДВС в связи с появлением неисправности СТ составило $N_2 - N_1 = 8$ кВт, что соответствует снижению чкв ДВС на $n_2 - n_1 = 400$ мин⁻¹. Данный баланс очень чувствителен к возникающим неисправностям.

Основным прибором, обеспечивающим режимы диагностирования, является отключатель электромагнитных форсунок (догрузатель двигателя) (рис. 2).



Рис. 2. Отключатель электромагнитных форсунок (догрузатель двигателя)

Прибор позволяет в широких пределах изменять нагрузку любого цилиндра двигателя при рабочих частотах вращения, производить диагностирование составных частей по критерию работоспособности, а также повышать информативность методов, реализуемых иными средствами диагностирования.

Прибор обеспечивает полное отключение различного набора цилиндров в различном их сочетании и пропуски управляющих импульсов электромагнитной форсунки любого из выбранных работающих цилиндров.

Степень нагрузки одного или нескольких работающих цилиндров зависит от технического состояния отдельных частей, обеспечивающих их функционирование. В соответствии с этим скоростной режим, число полностью отключенных цилиндров и степень отключения частично работающего цилиндра являются основными диагностическими параметрами, характеризующими те или иные неисправности.

Для осуществления способа диагностирования системы топливоподдачи двигателя используют установку (рис. 3), состоящую из отключателя электромагнитных форсунок 7, подсоединенного посредством специальных разъемов и проводов 8, 9 к штатным электромагнитным форсункам 1 [4].

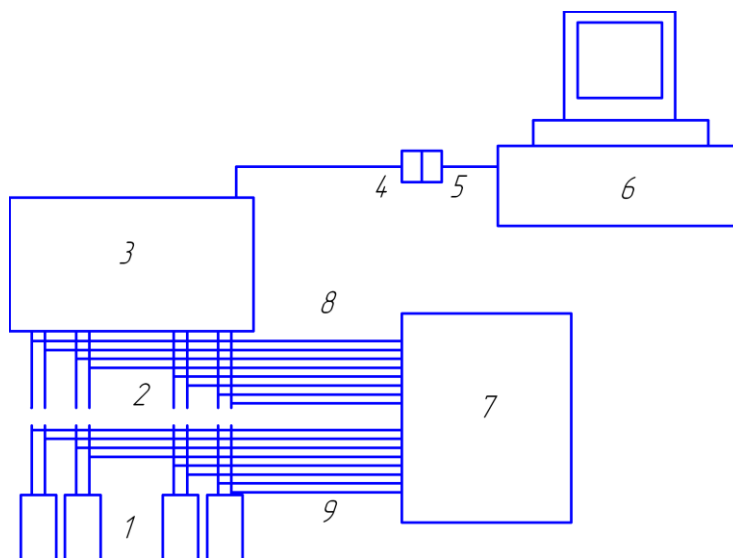


Рис. 3. Схема установки при диагностировании ЭМФ

Причем специальные разъемы и провода 8, 9 отключателя электромагнитных форсунок 7 подсоединены в разрыв проводов 2, соединяющих электромагнитные форсунки 1 с электронным блоком управления 3. Провода с разъемами 8 связывают электронный блок управления 3 с отключателем электромагнитных форсунок 7, а провода с разъемами 9 связывают электромагнитные форсунки 1 с отключателем электромагнитных форсунок 7. В диагностическую колодку 4 электронного блока управления 3 подключен диагностический разъем 5 диагностического стенда КАД-300, который обозначен позицией 6.

Перед процессом диагностирования СТ двигателя подсоединяют посредством проводов и разъемов 8 и 9 отключателя электромагнитных форсунок 7 (рис. 3). В диагностическую колодку 4 электронного блока управления 3 подключают диагностический разъем 5 диагностического стенда КАД-300. Подготовительное время занимает 5–7 минут.

Способ осуществляют следующим образом [4]. Двигатель выводят на заданный режим диагностирования, при котором работает только одна электромагнитная форсунка.

Перед этим запускают двигатель и последовательно отключают три форсунки отключателем электромагнитных форсунок 7 и оставляют в работе один цилиндр, форсунку которого подвергают диагностированию. Оставшийся в работе цилиндр выводят на режим работы, соответствующий 2000 мин⁻¹, последовательно отключая отдельные впрыски данной форсунки отключателем электромагнитных форсунок 7, и степень открытия дроссельной заслонки поддерживают данную частоту вращения двигателя.

Затем путем изменения коэффициента коррекции топливовоздушной смеси достигают ее обеднения или обогащения.

Для чего программно при помощи диагностического стенда КАД-300 (в программном его обеспечении имеется диагностический параметр – коэффициент коррекции топливовоздушной смеси) начинают изменять значение коэффициента коррекции топливовоздушной смеси, в результате изменяют действительное количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр. Действительное количество топлива, впрыскиваемого в цилиндр, определяется по формуле

$$Q_d = Q_p \cdot (1 \pm \Delta \cdot 0,001), \quad (1)$$

где Q_p – расчетное значение топлива, впрыскиваемого в цилиндр форсункой, мг/такт;

Δ – коэффициент коррекции топливовоздушной смеси.

При этом двигатель, электромагнитная форсунка которого имеет повышенную пропускную способность, реагирует на обогащение смеси уменьшением чвкв, а двигатель, электромагнитная форсунка которого имеет пониженную пропускную способность, – увеличением чвкв.

Таким образом, увеличивая численное значение коэффициента коррекции топливовоздушной смеси при уменьшенной пропускной способности форсунки, двигатель начинает увеличивать чвкв. При этом максимальный рост чвкв двигателя зависит от технического состояния электромагнитной форсунки.

Уменьшая численное значение коэффициента коррекции топливовоздушной смеси при увеличенной пропускной способности форсунки, двигатель начинает также увеличивать чвкв, так как до корректирования подавался избыток топлива в цилиндр, что служило причиной снижения чвкв.

По изменению чвкв двигателя определяют увеличение или снижение мощности двигателя, значение которой сравнивается с эталонным значением мощности двигателя, полученным для исправной форсунки.

Результаты исследования и их обсуждение. Все экспериментальные исследования проводились на двигателе ЗМЗ 406.10 автомобиля ГАЗ-3110.

Указанный метод характерен для работы двигателя на холостом ходу при нагружении мощностью механических потерь отключенных цилиндров.

Для обоснования режимов диагностирования и диагностических параметров необходимо экспериментально установить связь между изменением чвкв ДВС (мощности) и изменением качества ТВС. Нами экспериментально были сняты регулировочные характеристики для двигателя ЗМЗ 406.10 на различных режимах работы ДВС (рис. 4).

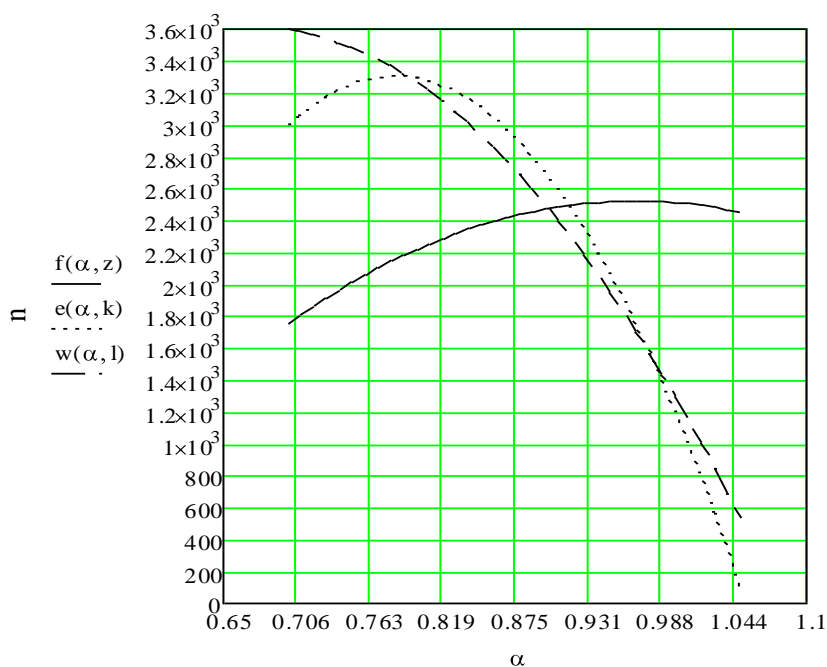


Рис. 4. Зависимость чвкв ДВС n , мин⁻¹, от коэффициента избытка воздуха α при различной степени открытия дроссельной заслонки: $f(\alpha, z)$ – открытие дроссельной заслонки на 25%; $e(\alpha, k)$ – открытие дроссельной заслонки на 50%; $w(\alpha, l)$ – открытие дроссельной заслонки на 75%

Характеристики на рисунке 4 аппроксимируются следующим уравнением:

$$n = (45,984 \cdot z^2 - 4,817 \cdot 10^3 \cdot z + 8,096 \cdot 10^4) \cdot \alpha^2 + (-72,584 \cdot z^2 + 7,425 \cdot 10^3 \cdot z - 1,195 \cdot 10^5) \cdot \alpha + 27,754 \cdot z^2 - 2,748 \cdot 10^3 \cdot z + 4,383 \cdot 10^4, \quad (2)$$

где α – коэффициент избытка воздуха;
 z – открытие дроссельной заслонки, %.

Определим режим работы ДВС, на котором изменение коэффициента избытка воздуха вызывает наибольшее изменение чвкв ДВС. Для этого продифференцируем уравнение (2) по α . В результате дифференцирования получим

$$\frac{dn}{dt} = 2 \cdot \alpha \cdot (45,984 \cdot z^2 - 4,817 \cdot 10^3 \cdot z + 8,096 \cdot 10^4) - 72,584 \cdot z^2 + 7,425 \cdot 10^3 \cdot z - 1,195 \cdot 10^5 \quad (3)$$

Представим полученную зависимость графически (рис. 5).

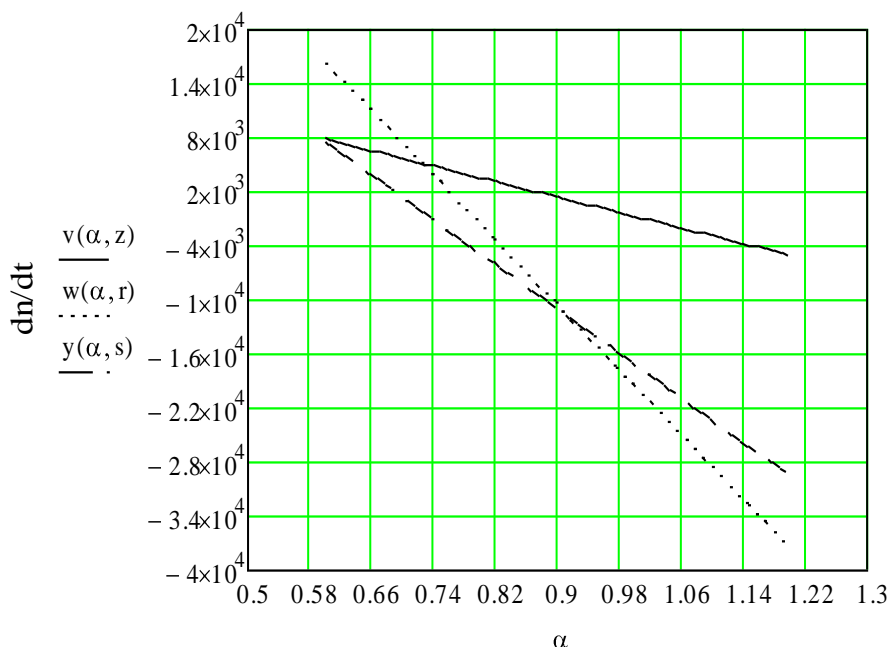


Рис. 5. Зависимость скорости изменения чвкв ДВС dn/dt от коэффициента избытка воздуха α при различной степени открытия дроссельной заслонки:
 $v(\alpha, z)$ – открытие дроссельной заслонки на 25%; $w(\alpha, r)$ – открытие дроссельной заслонки на 50%;
 $y(\alpha, s)$ – открытие дроссельной заслонки на 75%

Анализ графиков на рисунках 4, 5 позволяет сделать следующие выводы, необходимые для выбора режимов диагностирования:

1. Наибольшее изменение чвкв ДВС в зависимости от коэффициента избытка воздуха наблюдается при открытии дроссельной заслонки – на 50%.
2. Чем беднее ТВС, тем большие изменения чвкв ДВС вызывает вариация α .
3. Наименьшая чувствительность чвкв ДВС к изменению качества ТВС при нагрузке 25% соответствует $\alpha = 0,96$, 50% – $\alpha = 0,78$, 75% – $\alpha = 0,67$.
4. В точках наименьшей чувствительности чвкв ДВС максимальна, при нагрузке 25% чвкв ДВС равна 2500 мин^{-1} , 50% – 3300 мин^{-1} , 75% – 3600 мин^{-1} .

Наименьшая нагрузка при устойчивой работе ДВС на одной ЭМФ, как показывает поисковый эксперимент, составляет 25% открытия дроссельной заслонки, поэтому она должна являться диагностическим режимом для оценки изменений пропускной способности. Для определения изменения пропускной способности ЭМФ, при полном поднятии ее иглы, необходимо выбрать режим диагностирования, соответствующий 70% открытия дроссельной заслонки, по следующим причинам:

1. Он достаточно далеко отстоит от положения дроссельной заслонки, при которой включается признак полной мощности, при котором система питания приготавливает обогащенную ТВС.
2. Длительность импульса на этом режиме максимальна при работе ДВС на оптимальных смесях.
3. Скорость изменения чвкв ДВС при этом режиме незначительно уступает режиму работы ДВС при 50% открытия дроссельной заслонки.

Для исследования зависимости изменения чвкв ДВС от пропускной способности ЭМФ был проведён однофакторный эксперимент, в котором весь допустимый диапазон пропускной способности ЭМФ был разбит на 5 уровней с шагом в 3% (+6%, +3%, 0%, -3%, -6%), так как допустимая точность изготовления ЭМФ составляет 2%.

Экспериментальное исследование изменения пропускной способности ЭМФ проводилось при условиях: диагностический режим при чвкв ДВС $n=2050$ мин⁻¹; загрузка одного работающего цилиндра осуществлялась мощностью механических потерь трех других (цилиндры 2, 3, 4 выключены); первый цилиндр работает при открытии дроссельной заслонки на 25%. По полученным экспериментальным данным была построена зависимость изменения чвкв ДВС n , мин⁻¹, от пропускной способности ЭМФ μ , %, на режиме открытия дроссельной заслонки 25% (рис. 6).

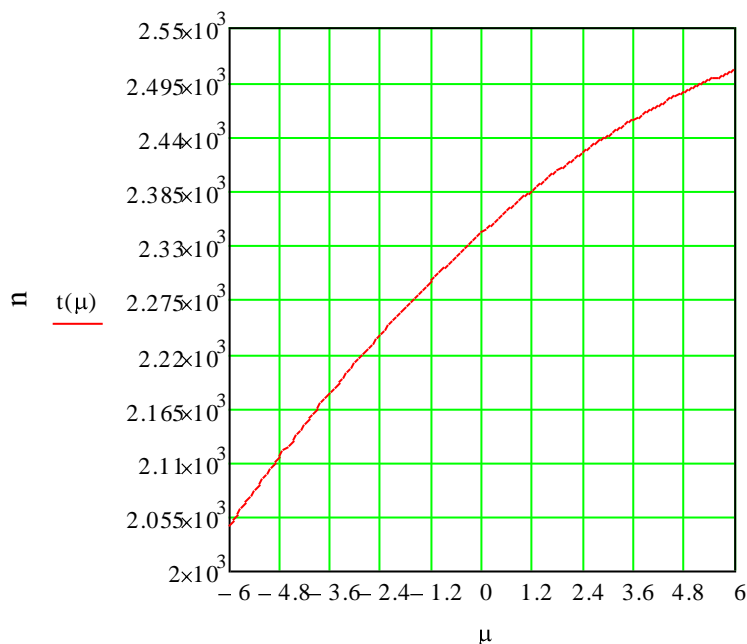


Рис. 6. Зависимость изменения чвкв ДВС n , мин⁻¹, от пропускной способности ЭМФ μ , %, на режиме открытия дроссельной заслонки 25%

Зависимость (рис. 6) аппроксимируется полиномом второго порядка

$$n = -1.825 \cdot \mu^2 + 38.333 \cdot \mu + 2.343 \cdot 10^3. \quad (4)$$

Анализ выражения (4) показывает: цилиндр при осуществлении впрыска ЭМФ с номинальной пропускной способностью поддерживает $n=2360$ мин⁻¹ при качестве смеси $\alpha = 1,17$ для 25% открытия дроссельной заслонки. При изменении μ от -6% до +6% изменение чвкв ДВС составляет $\Delta n=420$ мин⁻¹: в пределах μ от 0 до -6% чвкв ДВС снижается на величину $\Delta n=260$ мин⁻¹; в пределах μ от 0 до +6% чвкв ДВС повышается на величину $\Delta n=160$ мин⁻¹.

Экспериментальное исследование изменения пропускной способности ЭМФ проводилось при условиях: диагностический режим при чвкв ДВС $n=2050$ мин⁻¹; загрузка одного работающего цилиндра осуществлялась мощностью механических потерь трех других (цилиндры 2, 3, 4 выключены); первый цилиндр работает при открытии дроссельной заслонки на 70%. По полученным экспериментальным данным была построена зависимость изменения чвкв ДВС n , мин⁻¹, от пропускной способности ЭМФ μ , %, на режиме открытия дроссельной заслонки 70% (рис. 7).

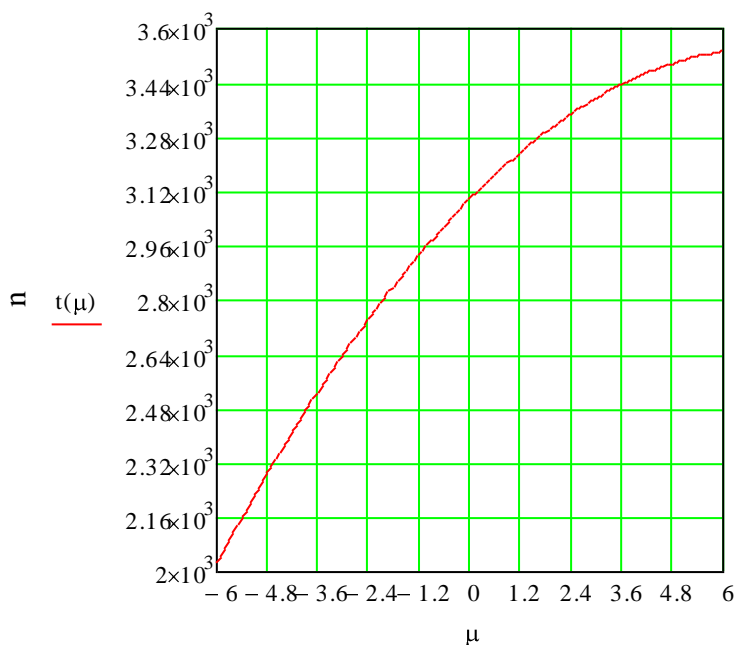


Рис. 7. Зависимость изменения чвкв ДВС n , мин⁻¹, от пропускной способности ЭМФ μ , %, на режиме открытия дроссельной заслонки 70 %

Зависимость (рис. 7) аппроксимируется полиномом второго порядка

$$n = -8.841 \cdot \mu^2 + 125.5 \cdot \mu + 3.098 \cdot 10^3. \quad (5)$$

Анализ выражения (5) показывает: цилиндр при осуществлении впрыска ЭМФ с номинальной пропускной способностью поддерживает $n=2900$ мин⁻¹ при качестве смеси $\alpha = 0,95$ для 70% открытия дроссельной заслонки. При изменении μ от -6% до +6% изменение чвкв ДВС составляет $\Delta n=1440$ мин⁻¹: в пределах μ от 0 до -6% чвкв ДВС снижается на величину $\Delta n=800$ мин⁻¹; в пределах μ от 0 до +6% чвкв ДВС повышается на величину $\Delta n=640$ мин⁻¹.

Экспериментально установлено, что точность определения пониженной или повышенной пропускной способности ЭМФ данным методом и средством составляет 2%.

Использование предлагаемого способа оценки технического состояния системы топливоподдачи двигателя позволяет грамотно и своевременно определять предельные отклонения пропускной способности электромагнитных форсунок, а также снижает трудоемкость процесса диагностирования.

Выводы

1. Разработано средство для диагностирования пропускной способности ЭМФ двигателя внутреннего сгорания – отключатель электромагнитных форсунок (догружатель двигателя).
2. Разработан метод диагностирования пропускной способности ЭМФ двигателя внутреннего сгорания, который защищен патентом на изобретение 2418190.
3. Экспериментально установлена связь между изменением частоты вращения коленчатого вала ДВС (мощностью) и изменением качества ТВС, которая описывается выражениями (4) и (5).
4. Определены 2 режима работы ДВС, на которых изменение коэффициента избытка воздуха вызывает наибольшее изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС: 25% открытия дроссельной заслонки, 70% открытия дроссельной заслонки, – которые следует использовать в качестве диагностических.

Литература

1. Аппаратура впрыска легкого топлива автомобильных двигателей / Ю.И. Будько [и др.]. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1975.
2. Инжекторные системы автомобилей ВАЗ, ГАЗ и УАЗ и диагностика их приборами НПП «НТС». – Изд. 4-е, доп. – Самара: НПП «НТС», 2004.
3. Гриценко А.В., Бакайкин Д.Д., Куков С.С. Отключатель электромагнитных форсунок (догружатель двигателя) // Информ. л. №74-006-10 / Челябинский ЦНТИ. – Челябинск, 2010.
4. Патент 2418190 RU F 02 М 65/00. Способ диагностирования системы топливоподачи двигателя / А.В. Гриценко, Д.Д. Бакайкин, С.С. Куков. – №2009123798, заявл. 22.06.09; опубл. 10.05.11, Бюл. № 13.



УДК 675.863:636.294

В.Н. Невзоров, В.Н. Тепляшин, Н.А. Дроздова

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШНЕКОВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ НА КАЧЕСТВО ПОЛУЧАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ МАШИНЫ

В статье представлены материалы по определению влияния конструктивных и кинематических параметров шнекового измельчителя на производительность машины и качество измельчения пантов и рогов оленей северных эвенкийской породы.

Ключевые слова: *шнековый измельчитель, конструктивные и кинематические параметры, панты, рога, олень северный эвенкийской породы.*

V.N. Nevzorov, V.N. Teplyashin, N.A. Drozdova

THE INFLUENCE OF SCREW CRUSHER CONSTRUCTIVE AND KINEMATIC PARAMETERS ON THE RECEIVED PRODUCT QUALITY AND MACHINE PRODUCTIVITY

The information on determining the influence of screw crusher constructive and kinematic parameters on the machine productivity and the quality of North Evenk reindeer antler crushing is presented in the article.

Key words: *screw crusher, constructive and kinematic parameters, antlers, horns, North Evenk reindeer.*

Процесс измельчения широко применяется в технологиях переработки сырья в пищевой промышленности. Качество готового продукта и степень измельчения из промежуточного передела «полезных» составляющих главным образом зависят от определенной дисперсности измельчаемого материала [2, 4].

Реализация Красноярской краевой программы поддержки развития оленеводства в местах проживания коренных малочисленных народов Севера и увеличение поголовья оленей до 5–7 тысяч голов в хозяйствах потребовали решения целого комплекса проблем по глубокой переработке продукции оленеводства. Особое внимание при разработке новых наукоемких технологий уделено комплексной переработке пантов и рогов оленей северных домашних эвенкийской породы.

При изучении существующих российских и мировых технологий переработки пантов и рогов было установлено, что наиболее уязвимым местом является измельчение пантов и рогов, так как в существующем оборудовании предусмотрено выполнение каждой технологической операции отдельно на определенном высокопроизводительном и дорогостоящем оборудовании. Учитывая периодичность заготовки и переработки пантов и рогов, а также отсутствие больших объемов для переработки, применительно к условиям хозяйствования оленеводскоплеменного хозяйства «Суриндинский» была разработана новая технологическая схема переработки, представленная на рисунке 1 [6, 7].