



УДК 631.331.85

А.В. Яковец, А.Ю. Несмиян

### ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЛОСКОГО СБРАСЫВАТЕЛЯ «ЛИШНИХ» СЕМЯН ПНЕВМОВАКУУМНОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

*В статье обоснованы рациональные параметры плоского сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевачного аппарата, влияющие на равномерность односемянной подачи пропашных культур с наименьшей вероятностью их защемления.*

**Ключевые слова:** пропашные культуры, удаление семян, высевачный аппарат, дозирующий элемент, плоский сбрасыватель, защемление семян.

A.V. Yakovets, A.Yu. Nesmiyan

### RATIONAL PARAMETER SUBSTANTIATION OF THE «EXTRA» SEED FLAT KICKER OF THE PNEUMATIC AND VACUUM SOWING DEVICE

Rational parameters of the «extra» seed flat kicker of the pneumatic and vacuum sowing device that influence on the uniformity of one-seeded cultivated crop motion with least possibility of their pinching are substantiated in the article.

**Key words:** cultivated crops, seed removal, sowing device, proportion element, flat kicker, seed pinching.

**Введение.** Посев является одним из важнейших процессов, оказывающих влияние на урожайность любой сельскохозяйственной культуры. Для посева пропашных культур на отечественном рынке сельхозтехники имеется огромное количество сеялок точного высева (пропашных сеялок) [1]. При этом в России производятся в основном пропашные сеялки с пневмовакуумной системой высева [1], в которых равномерность дозирования семян обеспечивается удалением «лишних» семян сбрасывателями (отражателями).

Удалению «лишних» семян с дозирующих элементов (ячей) высевачных аппаратов пропашных сеялок посвящены исследования таких ученых, как Б.И. Журавлев, В.Ф. Семенов, А.А. Бертов, П.М. Бондаренко, В.П. Чичкин, П.А. Бондаренко, А.А. Будагов, В.В. Лукьянец, А.В. Кочемасов, из исследований которых следует, что равномерность односемянной подачи во многом зависит от конструкции сбрасывателя «лишних» семян и режимов его работы [2]. При этом из обзора сбрасывателей «лишних» семян пневмовакуумных сеялок точного высева [2] видно, что сбрасыватели большинства высевачных аппаратов имеют плоскую форму, различающуюся рабочей поверхностью выступов их хвостовиков.

Плоские сбрасыватели «лишних» семян подразделяются на узко- и широкогранные, отличающиеся толщиной рабочей поверхности их хвостовиков, эффективность работы которых влияет на качество односемянного высева [3]. Вероятность защемления семени, захваченного дозирующим элементом, при работе узкогранного сбрасывателя во много раз меньше, чем широкогранного, который, в свою очередь, более эффективно удаляет «лишние» семена от дозирующих элементов. Следовательно, для обеспечения равномерности односемянной подачи посевного материала и снижения его повреждения при защемлении между дозирующим элементом и сбрасывателем «лишних» семян необходимо объединить принципы действия узко- и широкогранных сбрасывателей [3]. Необходимо отметить, что в большинстве высевачных аппаратов современных пропашных сеялок используют широкогранные сбрасыватели «лишних» семян [3].

**Объект исследования:** процесс взаимодействия семени, захваченного дозирующим элементом высевачного диска, с хвостовиком сбрасывателя «лишних» семян.

**Цель исследования:** обоснование рациональных параметров граней хвостовика плоского сбрасывателя, с точки зрения их влияния на качество подачи семян и степень их защемления.

**Задачи исследования:**

- 1) проанализировать процесс взаимодействия семени, захваченного дозирующим элементом высевочного диска, с широкогранным сбрасывателем «лишних» семян;
- 2) на основе анализа предложить модернизацию сбрасывателя, позволяющую снизить защемление высевочных семян;
- 3) обосновать эффективность применения предложенного сбрасывателя «лишних» семян.

**Методы, результаты и обсуждение исследований.** Рассмотрим ситуацию, когда дозирующим элементом 1 высевочного диска 2 захвачено семя 3, на которое оказывает влияние широкогранный сбрасыватель «лишних» семян 4 (рис. 1).

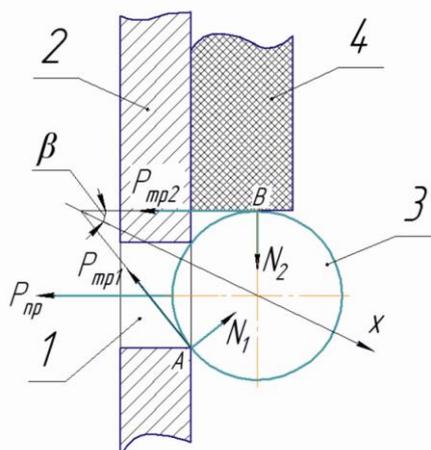


Рис. 1. Схема сил, оказывающих влияние на семя, захваченное ячейей, при взаимодействии с широкогранным сбрасывателем

Воспользовавшись рисунком 1, запишем условие, при котором отсутствует защемление семян между дозирующим элементом (ячейей) высевочного диска и широкогранным сбрасывателем «лишних» семян:

$$(N_1 \cdot \sin \beta + N_2 \cdot \sin \beta) > (P_{np} \cdot \cos \beta + P_{mp1} \cdot \cos \beta + P_{mp2} \cdot \cos \beta); \quad (1)$$

$$(N_1 + N_2) \cdot \sin \beta > (P_{np} + P_{mp1} + P_{mp2}) \cdot \cos \beta, \quad (2)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – нормальные реакции ячейей высевочного диска и широкогранного сбрасывателя на семя соответственно, Н;

$\beta$  – половина угла створа защемляющей пары: дозирующий элемент и сбрасыватель «лишних» семян, рад;

$P_{np}$  – присасывающая сила, действующая на семя, Н;

$P_{mp1}$  и  $P_{mp2}$  – сила трения семени о поверхность диска и сбрасывателя соответственно, Н.

Силы трения семени о поверхность высевочного диска и сбрасывателя «лишних» семян определяются из выражений

$$P_{mp1} = N_1 \cdot f_1; \quad (3)$$

$$P_{mp2} = N_2 \cdot f_2, \quad (4)$$

где  $f_1$  и  $f_2$  – коэффициенты трения скольжения (движения) семян о поверхность высевочного диска и сбрасывателя соответственно.

Тогда

$$(N_1 + N_2) \cdot \operatorname{tg} \beta > (P_{np} + N_1 \cdot f_1 + N_2 \cdot f_2). \quad (5)$$

Определим реакции действия сил в точках контакта семени с высевающим диском и сбрасывателем, исходя из условий равновесия:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \\ P_{np} \cdot d_\delta + P_{mp2} \cdot (d_{сем} + d_\delta) - N_2 \cdot d_{сем} \cdot \sin 2\beta &= 0; \\ N_2 \cdot f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta) - N_2 \cdot d_{сем} \cdot \sin 2\beta &= -P_{np} \cdot d_\delta; \\ N_2 \cdot (d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta)) &= P_{np} \cdot d_\delta, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $d_\delta$  и  $d_{сем}$  – диаметр дозирующего элемента высевающего диска и захваченного семени соответственно, м.

$$\text{Откуда } N_2 = \frac{P_{np} \cdot d_\delta}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta)}. \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0; \\ N_1 \cdot d_{сем} \cdot \sin 2\beta - P_{mp1} \cdot (d_{сем} + d_\delta) - P_{np} \cdot d_{сем} &= 0; \\ N_1 \cdot (d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_\delta)) &= P_{np} \cdot d_{сем}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$N_1 = \frac{P_{np} \cdot d_{сем}}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_\delta)}. \quad (9)$$

Подставив значения выражений (7) и (9) в выражение (5), получим

$$\begin{aligned} &\left( \frac{P_{np} \cdot d_{сем} \cdot \operatorname{tg}\beta}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} + \frac{P_{np} \cdot d_\delta \cdot \operatorname{tg}\beta}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} \right) > \\ &\left( P_{np} + \frac{P_{np} \cdot d_{сем} \cdot f_1}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} + \frac{P_{np} \cdot d_\delta \cdot f_2}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

Разделив обе части уравнения (10) на  $P_{np}$  и переместив все неизвестные в его левую сторону, имеем

$$\left( \frac{d_{сем} \cdot (\operatorname{tg}\beta - f_1)}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} + \frac{d_\delta \cdot (\operatorname{tg}\beta - f_2)}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_\delta)} \right) > 1 \quad (11)$$

Принимая во внимание, что диаметр дозирующего элемента из рисунка 1 определяется следующим образом:

$$d_\delta = d_{сем} \cdot \cos 2\beta. \quad (12)$$

Тогда

$$\begin{aligned} &\left( \frac{d_{сем} \cdot (\operatorname{tg}\beta - f_1)}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_1 \cdot (d_{сем} + d_{сем} \cdot \cos 2\beta)} + \right. \\ &\left. + \frac{d_{сем} \cdot \cos 2\beta \cdot (\operatorname{tg}\beta - f_2)}{d_{сем} \cdot \sin 2\beta - f_2 \cdot (d_{сем} + d_{сем} \cdot \cos 2\beta)} \right) > 1; \end{aligned} \quad (13)$$

$$\left( \frac{d_{\text{сем}} \cdot (\operatorname{tg} \beta - f_1)}{d_{\text{сем}} \cdot (\sin 2\beta - f_1 \cdot (1 + \cos 2\beta))} + \frac{d_{\text{сем}} \cdot \cos 2\beta \cdot (\operatorname{tg} \beta - f_2)}{d_{\text{сем}} \cdot (\sin 2\beta - f_2 \cdot (1 + \cos 2\beta))} - 1 \right) > 0, \quad (14)$$

$$\left( \frac{\operatorname{tg} \beta - f_1}{\sin 2\beta - f_1 \cdot (1 + \cos 2\beta)} + \frac{\cos 2\beta \cdot (\operatorname{tg} \beta - f_2)}{\sin 2\beta - f_2 \cdot (1 + \cos 2\beta)} - 1 \right) > 0. \quad (15)$$

Обозначив выражение (15) функцией  $f(\beta)$  и определив коэффициенты трения семян наиболее распространенных пропашных культур (таких, как: подсолнечник, кукуруза, свекла, соя и клещевина) по полиамиду и по стали (материалам, из которых изготовлено большинство сбрасывателей «лишних» семян и высевальных дисков отечественных высевальных аппаратов соответственно) с использованием известной методики [4] и при помощи программы MathCad 14.0 был произведен расчет значений половины угла створа защемяющей пары  $\beta$ , при которых  $f(\beta) > 0$ .

Как показали расчеты, при любом реальном соотношении  $\frac{d_o}{d_{\text{сем}}}$  функция  $f(\beta) \leq 0$ , т.е. существует вероятность защемления семени между высевальным диском и широкогранным сбрасывателем «лишних» семян.

С целью снижения вероятности защемления семян 3 (рис. 2, а) и обеспечения более мягкого их взаимодействия со сбрасывателем 4 предлагается изменить конструкцию широкогранного сбрасывателя «лишних» семян таким образом, чтобы угол  $\alpha$  между его рабочей гранью и гранью, примыкающей к высевальному диску 2 (см. рис. 2, а) в начале выступа №1 (рис. 2, б), был острым [5].

Для исключения защемления семян угол  $\alpha$  должен быть как можно меньше, однако, для предотвращения «наползания» семян на сбрасыватель начальное значение угла  $\alpha$  должно быть больше угла трения семян по поверхности сбрасывателя. С учетом исследований фрикционных свойств семян по полиамиду, определенных по известной методике [4], предлагается принимать угол  $\alpha$  близким к  $30^\circ$ .

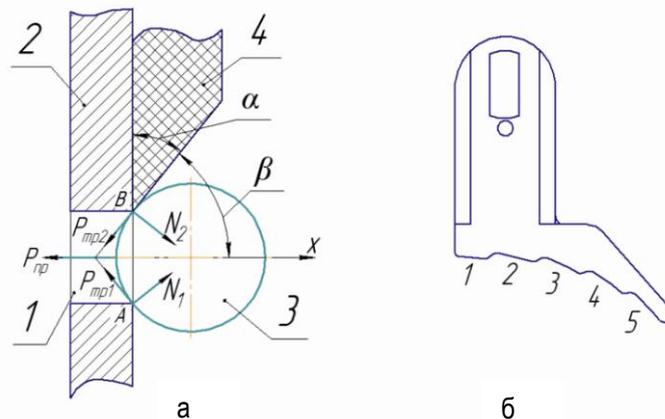


Рис. 2. Схема сил (а), влияющих на захваченное ячейей семя при взаимодействии с модернизированным сбрасывателем (б)

Запишем условие, при котором отсутствует защемление семян между дозирующим элементом (ячейей) высевального диска и модернизированным сбрасывателем (см. рис. 2, а):

$$(N_1 \cdot \sin \beta + N_2 \cdot \sin \beta) > (P_{mp1} \cdot \cos \beta + P_{mp2} \cdot \cos \beta + P_{np}); \quad (16)$$

$$(N_1 + N_2) \cdot \sin \beta > (P_{mp1} + P_{mp2} + \frac{P_{np}}{\cos \beta}) \cdot \cos \beta; \quad (17)$$

$$(N_1 + N_2) \cdot \operatorname{tg} \beta > (P_{mp1} + P_{mp2} + \frac{P_{np}}{\cos \beta}). \quad (18)$$

Определим реакции действия сил в точках контакта семени с высевающим диском и сбрасывателем, исходя из условий равновесия:

$$\begin{aligned} \sum M_A &= 0; \\ P_{np} \cdot \frac{d_\delta}{2} + P_{mp2} \cdot d_\delta \cdot \cos \beta - N_2 \cdot d_\delta \cdot \cos(90 - \beta) &= 0; \\ N_2 \cdot f_2 \cdot d_\delta \cdot \cos \beta - N_2 \cdot d_\delta \cdot \sin \beta &= P_{np} \cdot \frac{d_\delta}{2}; \\ N_2 \cdot d_\delta (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta) &= P_{np} \cdot \frac{d_\delta}{2}. \end{aligned} \quad (19)$$

Откуда

$$N_2 = \frac{P_{np}}{2 \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta)}. \quad (20)$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0; \\ N_1 \cdot d_\delta \cdot \sin \beta - P_{mp1} \cdot d_\delta \cdot \cos \beta - P_{np} \cdot \frac{d_\delta}{2} &= 0; \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} N_1 \cdot d_\delta (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta) &= P_{np} \cdot \frac{d_\delta}{2}; \\ N_1 &= \frac{P_{np}}{2 \cdot (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta)}. \end{aligned} \quad (22)$$

Подставив значения выражений (20) и (22) в выражение (18), получим

$$\begin{aligned} &\left( \frac{P_{np}}{2 \cdot (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta)} + \frac{P_{np}}{2 \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta)} \right) \cdot \operatorname{tg} \beta > \\ &\left( \frac{P_{np}}{\cos \beta} + \frac{P_{np} \cdot f_1}{2 \cdot (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta)} + \frac{P_{np} \cdot f_2}{2 \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta)} \right). \end{aligned} \quad (23)$$

Разделив обе части уравнения (21) на  $P_{np}$  и переместив все неизвестные в его левую сторону, имеем

$$\left( \frac{\operatorname{tg} \beta - f_1}{2 \cdot (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta)} + \frac{\operatorname{tg} \beta - f_2}{2 \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta)} \right) > \frac{1}{\cos \beta}. \quad (24)$$

Или

$$\left( \frac{\operatorname{tg} \beta - f_1}{2 \cdot (\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta)} + \frac{\operatorname{tg} \beta - f_2}{2 \cdot (f_2 \cdot \cos \beta - \sin \beta)} - \frac{1}{\cos \beta} \right) > 0. \quad (25)$$

Обозначив выражение (25) функцией  $f(\beta)$  и воспользовавшись исследованиями коэффициентов трения скольжения (движения) семян пропашных культур по стали и полиамиду (материалам, из которых выполнены высевающий диск и сбрасыватель «лишних» семян), при помощи программы MathCad 14.0 был произведен расчет значений половины угла створа заземляющей пары: дозирующий элемент и сбрасыватель «лишних» семян, при которых  $f(\beta) > 0$ .

Из рисунка 2 диаметр дозирующего элемента определяется по следующей формуле:

$$d_o = d_{сем} \cdot \sin \beta. \quad (26)$$

С учетом выражения (26), условие  $f(\beta) > 0$  выполняется при значениях  $1,8 \leq \beta \leq 3,14$  рад, то есть вероятность защемления семени между ячеей высевающего диска и сбрасывателем «лишних» семян отсутствует при условии  $d_o < 0,974 \cdot d_{сем}$ .

Таким образом, предлагаемая модернизация сбрасывателя «лишних» семян позволяет исключить защемление высеваемых семян, что снижает их травматизм и уменьшает частоту сброса единичных семян от дозирующих элементов. Однако она снижает степень воздействия сбрасывателя на семена, что может привести к возрастанию частоты двухсемянных (иногда и трехсемянных) подач. В связи с этим, предлагается угол  $\alpha$  между рабочей гранью сбрасывателя и гранью, примыкающей к высевающему диску 2 (см. рис. 2, а), постепенно увеличивать от выступа №1 (рис. 2, б) в направлении вращения высевающего диска так, чтобы в средней части выступа №3 (рис. 3, в) он принимал значение  $90^\circ$ . При этом в результате действия выступов сбрасывателем №1 и 2 на семя 3 (см. рис. 3), оно предварительно «выкатывается» из дозирующего элемента 1, за счет чего впоследствии исключается дальнейшее его защемление между дозирующей ячейей 1 диска 2 и сбрасывателем «лишних» семян 4 (см. рис. 3) [5].

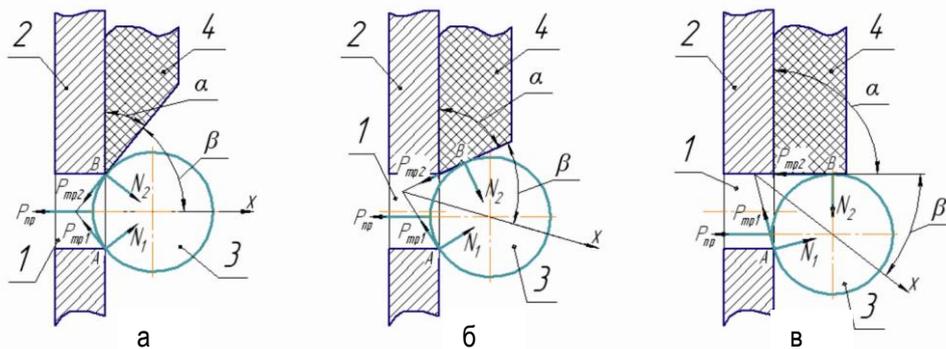


Рис. 3. «Выталкивание» захваченного ячейей семени выступами модернизированного сбрасывателя «лишних» семян

Экспериментальные исследования, проведенные в научно-исследовательской лаборатории на кафедре «Механизация растениеводства» Азово-Черноморской государственной агроинженерной академии (г. Зерноград, Ростовской области), показали, что модернизированный сбрасыватель «лишних» семян при частоте вращения высевающего диска 45 об/мин, что соответствует скорости движения сеялки 2–2,5 м/с, при норме высева семян 5 шт/м обеспечивал подачу семян с коэффициентом вариации 24,63 % (для кукурузы) и 14,40 % (для подсолнечника), а широкогранный сбрасыватель – с коэффициентом вариации подачи 31,81 и 18,59 % соответственно [3,6], т.е. усовершенствованная конструкция сбрасывателя снижает неравномерность высева семян пропашных культур в среднем в 1,22 раза.

### Выводы

В процессе высева пропашных культур пневмовакуумным аппаратом семя, захваченное дозирующим элементом высевающего диска, при взаимодействии с широкогранным сбрасывателем «лишних» семян подвергается защемлению, что снижает качество работы аппарата в целом. С целью снижения вероятности защемления семян и обеспечения более мягкого их взаимодействия со сбрасывателем предлагается изменить конструкцию широкогранного сбрасывателя «лишних» семян таким образом, чтобы угол  $\alpha$  между его рабочей гранью и гранью, примыкающей к высевающему диску в начале выступа, был острым (близким к  $30^\circ$ ). Это практически исключит вероятность защемления семени между ячейей высевающего диска и сбрасывателем «лишних» семян, что снижает их травматизм и уменьшает частоту сброса единичных семян от дозирующих элементов. В дальнейшем угол  $\alpha$  необходимо плавно увеличивать от первого выступа в направлении вращения высевающего диска так, чтобы в центральной части среднего выступа он принимал значение близкое к  $90^\circ$ .

Модернизация сбрасывателя позволяет повысить равномерность подачи семян пропашных культур пневмовакуумным аппаратом в среднем в 1,22 раза.

### Литература

1. Яковец А.В. Анализ дозирующих систем сеялок точного высева // Аграрная Россия. – 2011. – № 3. – С. 60–63.
2. Яковец А.В. Обзор сбрасывателей «лишних» семян пневмовакуумных сеялок точного высева // Агро XXI. – 2010. – № 7. – С. 47–51.
3. Повышение качества дозирования семян подсолнечника пневматическим высевальным аппаратом / А.Ю. Несмиян [и др.] // Вестн. Бурятской гос. с.-х. академии им. В.Р. Филиппова. 2011. – №4 (25). – С. 60–65.
4. Яковец А.В., Шумаков В.В. Физико-механические свойства семян пропашных культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2011. – №3 (22). – С. 68–72.
5. Пат. 2420942 Р.Ф. Пневмовакуумный высевальный аппарат: №2009143251/21; заявл. 23.11.09; опубл. 20.06.11, Бюл. № 17.
6. Яковец А.В. Усовершенствование сбрасывателя «лишних» семян пневмовакуумного высевального аппарата // Агро XXI. – 2011. – № 4–6. – С. 40–41.



УДК 621.43.001.42

А.В. Гриценко

#### РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ И МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ С ЧАСТИЧНО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ, А ТАКЖЕ С УСТРАНЕНИЕМ ЛИШНИХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*В статье представлен подход к разработке универсальных средств и методов диагностирования систем двигателя внутреннего сгорания с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров*

**Ключевые слова:** *двигатель внутреннего сгорания, техническое состояние, диагностика, метод, средства, параметры, операции.*

А. V. Gritsenko

#### DEVELOPMENT OF THE MEANS AND TECHNIQUES FOR DIAGNOSING WITH PARTIALLY PARALLEL REDUNDANCY OF THE ELEMENTS, AS WELL AS WITH REMOVAL OF THE UNNECESSARY DIAGNOSTIC OPERATIONS AND DIAGNOSTIC PARAMETERS

*The approach to development of the universal means and techniques for diagnosing the systems of internal combustion engine with partially parallel redundancy of the elements, as well as with removal of the unnecessary diagnostic operations and diagnostic parameters is given in the article.*

**Key words:** *internal combustion engine, technical condition, diagnostic operation, technique, means, parameters, operations.*

---

**Цель настоящего исследования** – повышение эффективности диагностирования систем ДВС автомобилей.

**Задачей исследования является** – разработка методологии применения универсальных средств и методов диагностирования систем двигателя внутреннего сгорания с частично параллельным резервированием элементов, а также с устранением лишних диагностических операций и диагностических параметров.

В настоящее время практически все выпускаемые модели автомобилей оборудуют системой самодиагностики. Причем разработка систем самодиагностики сводится к вытеснению приборной диагностики штатными (бортовыми) средствами контроля и диагностирования, которые по эффективности диагностирования и приспособленности в ряде случаев ни сколько не уступают специальным диагностическим средствам.

Например, ряд датчиков и исполнительных механизмов при их отказе может быть заменен параллельными цепями замещения (частично параллельным резервированием), которые обеспечивают работу автомобиля с некоторым перерасходом топлива, обеспечивая иногда приемлемую экономичность (рис. 1).