

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННОГО ПЛУГА НА КАЧЕСТВО ЯРУСНОЙ ОБРАБОТКИ

Ерзамаев Максим Павлович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская обл., г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2.
E-mail: erzamaev_mp@mail.ru

Сазонов Дмитрий Сергеевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Технический сервис», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446441, Самарская обл., г. Кинель, п.г.т. Алексеевка, ул. Учебная, 2.
E-mail: sazonov_ds@mail.ru

Мустьякимов Раиль Наилевич, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

433430, Ульяновская обл., Чердаклинский р-он, п. Октябрьский, ул. Гагарина, 12.
E-mail: musrail@yandex.ru

Стрельцов Сергей Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», ФГБОУ ВО Ульяновская ГСХА.

433431, Ульяновская обл., Чердаклинский р-он, п. Октябрьский, ул. Студенческая, 12.
E-mail: ssv314@mail.ru

Ключевые слова: почва, обработка, ярусная, комбинированный, параметры, плуг, глубина.

Цель исследования – повышение качества ярусной обработки почвы путем обоснования основных параметров рабочих органов комбинированного плуга. Для реализации технологического процесса ярусной обработки почвы с рыхлением подпахотного горизонта разработан комбинированный плуг, состоящий из рамы и секций рабочих органов. Каждая секция содержит последовательно установленные по направлению движения агрегата плужные корпуса верхнего яруса с лемешно-отвальной поверхностью и нижнего яруса с рыхлящим безлемешно-отвальным рабочим органом, содержащим долото и отвальную поверхность. Для выполнения агротехнических требований к ярусной обработке почвы проведено теоретическое исследование по установке глубины хода корпусов верхнего и нижнего ярусов комбинированного плуга. Исследована зависимость высоты гребней дна борозды от расстановки рабочих органов в секции и от угла сдвига почвы долотом корпуса нижнего яруса. Обосновано расстояние между корпусом верхнего яруса и корпусом нижнего яруса комбинированного плуга в продольной плоскости для обеспечения беспрепятственного движения почвы и стерни. В результате теоретических исследований и расчетно-графического определения конструктивных параметров корпусов рабочей секции обоснованы рациональные параметры комбинированного плуга: ширина захвата корпусов верхнего и нижнего яруса – 0,45 м; ширина долота – 0,07 м; интервал расстановки рабочих органов на плуге – 0,45 м; расстояние между корпусами верхнего и нижнего ярусов – 0,55 м; глубина хода корпуса верхнего яруса – 0,06-0,18 м; высота пласта, вырезаемая корпусом нижнего яруса – 0,25-0,35 м; глубина обработки долотом – 0,06-0,08 м.

Эффективность отвальной вспашки, как механического способа борьбы с сорной растительностью, зависит от глубины заделки верхнего слоя почвы, наиболее засоренного семенами сорняков. Чем больше глубина их заделки, тем меньше проростков сорной растительности преодолет эту глубину, и чище будут посевы культуры. Минимальная глубина заделки верхнего слоя почвы оговаривается агротехническими требованиями к отвальной вспашке, и эта глубина должна быть не менее 0,18 м [2, 5, 6, 8].

Цель исследования – повышение качества ярусной обработки почвы путем обоснования основных параметров рабочих органов комбинированного плуга.

Задача исследования – определить аналитические выражения по определению глубины заделки верхнего слоя и высоты гребней дна борозды в зависимости от конструктивных параметров рабочих органов комбинированного плуга и глубины обработки почвы.

Материалы и методы исследований. Для реализации технологического процесса ярусной обработки почвы с рыхлением подпахотного горизонта (рис. 1) необходим комбинированный плуг, состоящий из рамы и секций рабочих органов. Рабочая секция содержит последовательно установленные по направлению движения агрегата плужный корпус 1 с лемешно-отвальной поверхностью 2, а также рыхлящий безлемешно-отвальный рабочий орган 3, содержащий долото 4 и отвальную поверхность 5.

С целью обоснования и получения требуемой глубины заделки верхнего слоя почвы проведено теоретическое исследование по установке глубины хода корпусов верхнего и нижнего ярусов комбинированного плуга.

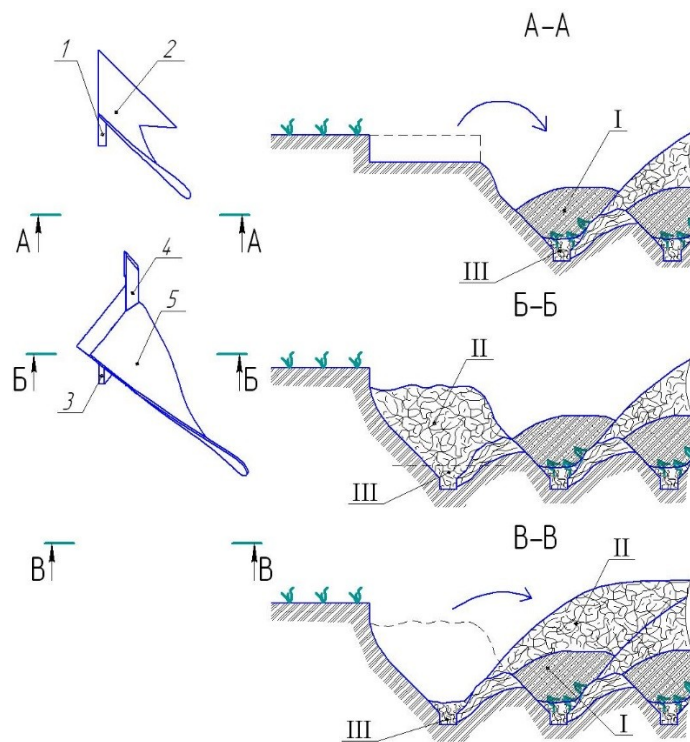


Рис. 1. Схема процесса ярусной обработки почвы рыхлящим безлемешно-отвальным рабочим корпусом (обозначения в тексте)

Результаты исследований. В процессе вспашки корпус верхнего яруса предлагаемого плуга [1] вырезает пласт почвы, имеющий при определенном допущении, прямоугольную форму с площадью поперечного сечения S_1 (рис. 2):

$$S_1 = i_1 \cdot b, \quad (1)$$

где h_1 – глубина хода корпуса верхнего яруса, м; b – ширина захвата корпуса верхнего яруса, м.

Вырезанный пласт площадью S_1 перемещается по лемешно-отвальной поверхности и крошится. При этом отвальный пласт увеличивается в объеме кратно коэффициенту вспушенности $K_{всп}$, оборачивается и перемещается в борозду, образованную предыдущим корпусом нижнего яруса.

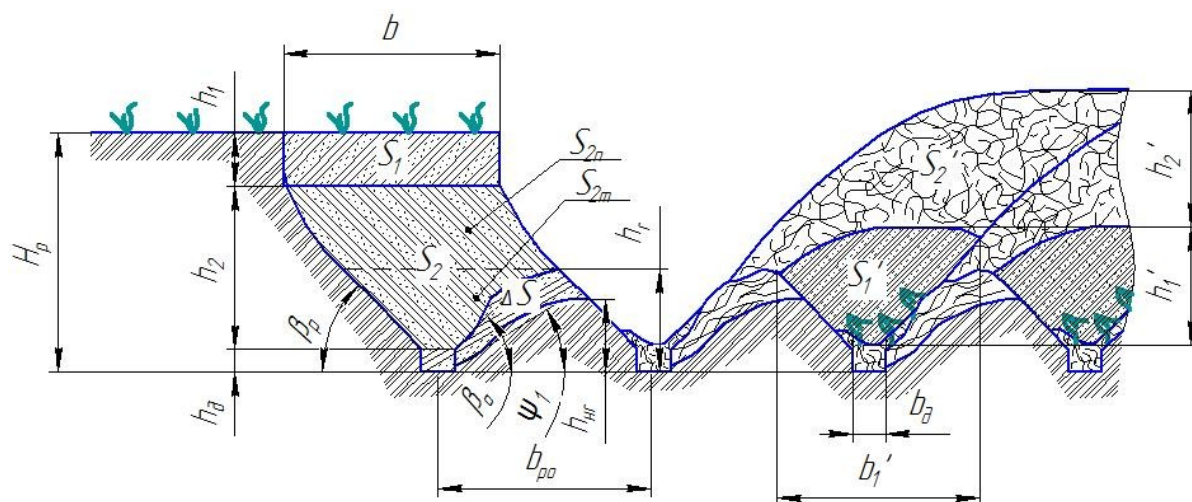


Рис. 2. К обоснованию глубины заделки верхнего слоя почвы и глубины хода верхнего и нижнего корпусов

Следовательно, пласт почвы, отвальный корпусом верхнего яруса, будет иметь поперечное сечение площадью S_1' формой близкой к трапеции, поэтому можно записать:

$$S_1' = \frac{b_1' + b_0}{2} \cdot h_1', \quad (2)$$

где b_1' – ширина отвального верхнего пласта почвы в верхней части борозды, м, b_0 – ширина долота, м; h_1' – высота отвального верхнего пласта почвы в борозде, м.

Заделка отвального верхнего слоя почвы осуществляется за счет его засыпания почвой нижнего слоя отвалом корпуса нижнего яруса.

Корпус нижнего яруса отделяет пласт почвы, имеющий сложную форму с площадью поперечного сечения S_2 . Будет корректным представить эту площадь как сумму площадей простых геометрических фигур: параллелограмма S_{2n} и трапеции S_{2m} (рис. 2):

$$S_2 = S_{2n} + S_{2m} = (h_2 - l_r + l_0) \cdot b + \frac{l + l_0}{2} \cdot (q_r - l_0), \quad (3)$$

где h_2 – высота пласта, вырезаемая корпусом нижнего яруса, м; h_r – высота гребня почвы на дне борозды с учетом толщины разрыхленной почвы площадью Δ , м; h_0 – глубина обработки долотом, м.

Нижний слой почвы площадью S_2 , перемещаясь по рыхлительно-отвальной поверхности корпуса нижнего яруса, крошится, увеличиваясь в объеме кратно коэффициенту вспушенности $K_{всп}$ отвального пласта, и укладывается на верхний слой почвы, отвальный корпусом верхнего яруса. Крыло отвала отделяет разрыхленный слой почвы, не затрагивая неразрушенный гребень и часть разрыхленной почвы площадью Δ . Уложенный нижний слой почвы, отвальный корпусом нижнего яруса, будет иметь поперечное сечение площадью S_2' , форма которого близка к параллелограмму. Поэтому можно записать:

$$S_2' = b \cdot h_2', \quad (4)$$

где h_2' – высота отвального нижнего пласта почвы, м.

Учитывая, что $S_2' = S_2 \cdot K_{всп}$, получим зависимость:

$$b \cdot h_2' = \left[(h_2 - l_r + l_0) \cdot b + \frac{l + l_0}{2} \cdot (q_r - l_0) \right] K_{всп}. \quad (5)$$

После преобразований формулы (5) получим зависимость глубины заделки верхнего пласта почвы от параметров вырезаемых пластов:

$$h_2' = l_2 \cdot K_{всп} - \frac{l - l_0}{2b} \cdot (q_r - l_0) \cdot K_{всп}. \quad (6)$$

Поэтому для достижения необходимой глубины заделки верхнего пласта почвы на глубину h_2' не меньше глубины, необходимой по агротребованиям (0,18 м), толщину пласта, вырезаемого корпусом нижнего яруса, определим следующим образом:

$$h_2 = \frac{h_2'}{K_{всп}} + \frac{l - l_0}{2b} \cdot (q_r - l_0). \quad (7)$$

Глубина хода корпуса нижнего яруса

$$H_p = l_1 + l_2 + l_0. \quad (8)$$

Следовательно, установка глубины хода корпуса верхнего яруса h_1 и глубины хода корпуса нижнего яруса H_p является обязательным условием достижения необходимой эффективности отвальной обработки почвы как механического способа борьбы с сорняками.

В процессе рыхления подпахотного горизонта долотом корпуса нижнего яруса на дне борозды образуются неразрушенные гребни почвы, аналогично образованию гребней при работе рыхлителей чизельного типа [3, 4, 5].

Известно, что высота неразрушенных гребней h_{hr} определяется интервалом расстановки и глубиной хода рабочих органов, а также физико-механическими свойствами почвы [3]. При глубине хода рабочих органов, не превышающей критического значения, ниже которого происходит смятие почвы без ее скола, высота гребней

$$h_{hr} = \frac{b_{po}}{2} \cdot \operatorname{tg} \psi, \quad (9)$$

где b_{po} – интервал расстановки рабочих органов на плуге, м; ψ – угол сдвига почвы в поперечно-вертикальной плоскости, град.

Угол сдвига почвы в поперечно-вертикальной плоскости ψ определяется физико-механическими свойствами почвы, и при разрушении пласта на скоростях менее 20 м/с допускают, что линия действия разрушающей силы образует угол, близкий к углу внутреннего трения почвы [1, 5, 7].

С целью уменьшения высоты гребней неразрушенной почвы на дне борозды, при неизменном интервале расстановки рабочих органов на плуге, необходимо уменьшить угол между линией скола почвы и горизонтом ψ .

Это возможно достичь изменением угла действия разрушающей силы $P_{ск}$ к горизонту за счет установки долота с уклоном вправо на угол β – угол постановки рабочей поверхности долота в поперечно-вертикальной плоскости (рис. 3).

Тогда высота гребней

$$h'_{hr} = \frac{b_{po}}{2} \cdot \operatorname{tg} \psi', \quad (10)$$

где ψ' – угол сдвига почвы в поперечно-вертикальной плоскости при внедрении косо поставленного долота с углом постановки его рабочей поверхности в поперечно-вертикальной плоскости β , град.

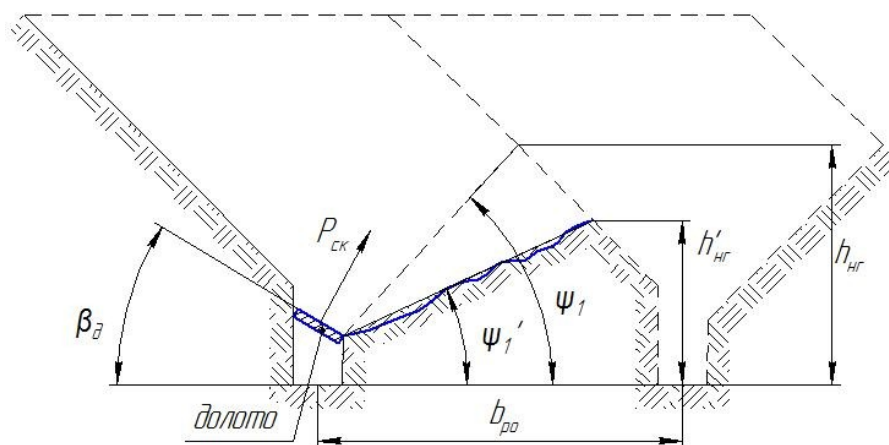


Рис. 3. К определению высоты гребней в зависимости от угла постановки рабочей поверхности долота в поперечно-вертикальной плоскости β

Угол ψ' между плоскостью скола пласта почвы в поперечном направлении и горизонтом при внедрении косо поставленного долота во многом определяется его конструктивным параметром – углом β и физико-механическими характеристиками почвы. Теоретически рассматриваемая взаимосвязь в заданных пределах изменения угла сдвига почвы β описывается эмпирической формулой, представляющей собой квадратичный полином с коэффициентом корреляции $R = 0,95$:

$$\psi' = 4 \cdot \beta^2 + 3 \cdot \beta + 3, \quad (11)$$

где A , B и C – эмпирические коэффициенты квадратного уравнения, учитывающие влияние физико-механических свойств почвы.

Таким образом, гребнистость дна борозды при реализации нового технологического процесса ярусной вспашки

$$h_{гр}' = \frac{h_{po}}{2} \cdot \operatorname{tg}(\alpha \cdot \beta_1' + 3 \cdot \beta_2 + \gamma). \quad (12)$$

Полученная зависимость позволяет подобрать величину расстановки корпусов нижнего яруса плуга, обеспечивающую наименьшую гребнистость дна отвального фона и высокое качество работы.

Для обеспечения беспрепятственного движения почвы и стерни между корпусами верхнего и нижнего ярусов комбинированного плуга в продольной плоскости, корпуса необходимо расположить на раме на расстоянии l_u друг от друга. На основании исследований [1] и в соответствии с рисунком 4 необходимое расстояние

$$l_u = (l_0 + H_p - l_1) \cdot \operatorname{ctg} \psi_2, \quad (13)$$

где l_0 – расстояние от носка корпуса верхнего яруса до его задней части, м; ψ – угол сдвига почвы в продольно-вертикальной плоскости, град.

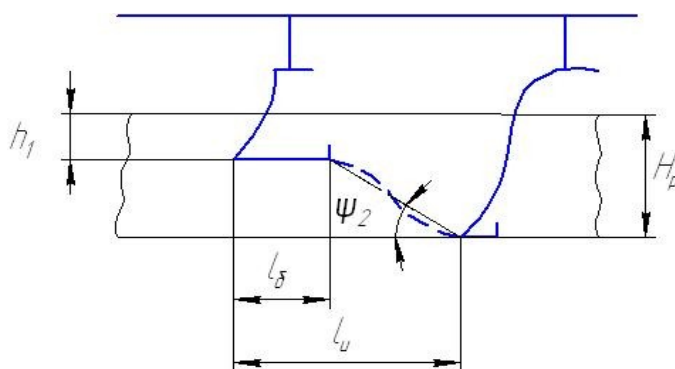


Рис. 4. К определению расстояния l_u

Заключение. Проведенное теоретическое обоснование и расчетно-графическое определение конструктивных параметров корпусов рабочей секции комбинированного плуга показывают, что их рациональные значения составляют: ширина захвата корпусов обоих ярусов $b = 0,45$ м; ширина долота $b_d = 0,07$ м; интервал расстановки рабочих органов на плуге $b_{po} = 0,45$ м; расстояние между корпусами верхнего и нижнего ярусов $l_u = 0,55$ м; глубина хода корпуса верхнего яруса $h_1 = 0,06-0,18$ м; толщина пласта, вырезаемого корпусом нижнего яруса $h_2 = 0,25-0,35$ м; глубина обработки долотом $h_d = 0,06-0,08$ м. Полученные конструктивные параметры позволяют уменьшить высоту гребней неразрыхленной почвы на дне борозды с обеспечением соответствующей агротехническим требованиям минимальной глубины заделки верхнего слоя почвы.

Библиографический список

1. Гниломедов, В. Г. Комбинированный ярусный плуг / В. Г. Гниломедов, М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов // Сельский механизатор. – 2014. – № 10. – С. 20-21.
2. Ерзамаев, М. П. Технологические особенности введения в севооборот временно необрабатываемых земель / В. Г. Гниломедов, М. П. Ерзамаев, Т. Н. Сазонова // Достижения науки агропромышленному комплексу: сб. науч. трудов. – Самара: РИЦ СГСХА, 2014. – С. 252-256.
3. Гниломедов, В. Г. Обоснование тягового сопротивления комбинированного плуга для ярусной обработки почвы / В. Г. Гниломедов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2013. – № 3. – С. 8-13.
4. Нестеров, Е. С. Тяговое сопротивление чизельного рабочего органа / В. М. Бойков, Е. С. Нестеров, С. В. Старцев, К. К. Окас // Научное обозрение. – Саратов: ООО «Амирит», 2017. – Вып. 5. – С. 72-77.

5. Нестеров, Е. С. Разработка технологического процесса и почвообрабатывающего орудия для основной обработки почвы : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Нестеров Евгений Сергеевич. – Саратов, 2011. – 197 с.
6. Артамонов, Е. И. Перспективы и опыт возделывания амаранта с применением нового высевального устройства / В. Ф. Казарин, И. Ю. Галенко, Е. И. Артамонов // Известия Самарской ГСХА. – 2013. – № 4. – С. 64-66.
7. Иванайский, С. А. Рабочий орган для предпосевной обработки почвы / С. А. Иванайский, О. М. Парфенов // Актуальные проблемы аграрной науки и пути их решения : сб. науч. тр. – Кинель : РИО СГСХА, 2016 – С. 41-44.
8. Васильев, С. А. Разработка системы автоматизации дифференцированного внесения удобрений при посеве / С. А. Васильев, М. А. Канаев, О. В. Карпов, М. Р. Фатхутдинов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 58-62.

DOI 10.12737/17451

УДК 62-144:621.515:621.43.052

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ И ТУРБОКОМПРЕССОРА ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ГАЗОТУРБИННОГО НАДДУВА

Иншаков Александр Павлович, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВО «Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва».

430904, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: kafedra_mes@mail.ru

Курбаков Иван Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВО «Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва».

430904, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: mrsu2@mail.ru

Курбакова Мария Сергеевна, аспирант кафедры «Мобильные энергетические средства», ФГБОУ ВО «Мордовский ГУ им. Н. П. Огарёва».

430904, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 5.

E-mail: m.s.kurbakova@mail.ru

Ключевые слова: турбокомпрессор, двигатель, характеристика, система, диагностирование.

Цель исследований – выявление особенностей взаимосвязи динамических характеристик турбокомпрессора ТКР 6.1 и двигателя Д-245-35 при наличии неисправностей в системе наддува. В практике поиска неисправностей в системе газотурбинного наддува автотракторного двигателя широко применяется метод диагностирования, основанный на измерении давления наддува на номинальных режимах. В условиях сервисных предприятий из-за отсутствия тормозных стендов оценить нагрузочный режим зачастую не представляется возможным. Для разгона турбокомпрессора и двигателя на кафедре мобильных энергетических средств Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва создан диагностический комплекс, состоящий из блока формирования исходных сигналов, оптического датчика частоты вращения вала турбокомпрессора, датчика частоты вращения вала двигателя, датчика линейного перемещения рычага балансировочной машины, аналого-цифрового преобразователя, программного комплекса и персонального компьютера. Испытания проводились на двигателе ММЗ Д-245-35 с установленным турбокомпрессором ТКР 6.1, имитация рабочих режимов осуществлялась на обкаточно-тормозном стенде. В результате испытаний получена серия характеристик разгона турбокомпрессора двигателя Д-245-35 и ТКР 6.1 при ступенчатом входном воздействии. Анализ полученных данных показал, что наличие неисправностей в системе наддува «утечка газов перед турбиной», «засорение воздушного фильтра» ведет к увеличению времени переходного процесса и снижению частоты вращения ротора ТКР на всех режимах. Разгонная характеристика, полученная в безнагрузочном режиме в условиях неисправности «утечка газов после компрессора» сопровождается ростом амплитудного значения частоты вращения вала ТКР и снижением времени переходного процесса. Данная особенность формы кривой разгона позволяет идентифицировать неисправности такого рода при диагностировании систем газотурбинного наддува.

Улучшение потребительских качеств автотракторных двигателей внутреннего сгорания идёт по пути оснащения их системами турбонаддува, состоящими из турбокомпрессора, интеркуллера, систем управления, соединительных коллекторов и многих других элементов. Для обеспечения компактного расположения двигателя в моторном отсеке, элементы системы наддува часто размещаются «неудобно», что в свою очередь усложняет поиск их неисправностей, возникающих во время эксплуатации. В практике поиска неисправностей наиболее широко применяется метод безразборного диагностирования системы наддува, основанный