

Рис. 4. Изменение напряжений в области крепления фасонной лапы к хребтовой балке с увеличением размера Δl .

по длине фасонной лапы обнаружено снижение напряжений в зоне соединения фасонной лапы и хребтовой балки на 30 %. Интерес представляет зависимость максимальных эквивалентных напряжений в этой зоне по мере увеличения длины накладки на Δl (рисунок 4). Так при $\Delta l = 30 - 40$ мм, получены наименьшие значения напряжений в рассматриваемой области и тем самым обеспечивается их снижение на 40 %.

Увеличение напряжений с дальнейшим ростом величины Δl можно объяснить повышением жесткости узла, что отражается на его прочностных характеристиках.

Таким образом, анализ проведенных исследований показал, что путем подбора конкретных значений величины Δl можно достигнуть снижения напряжений в местах крепления фасонной лапы к хребтовой балке на 40 %. Кроме того, повышение продольной жесткости соединения области консольного опирания котла на деревянные бруски, также позволяет существенно снизить напряженное состояние среднего крепления котла к раме.

Реализация полученных результатов на практике позволит повысить вероятность безотказной работы наливного подвижного состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сенько В.И., Пастухов И.Ф., Чернин И.Л., Бычек И.С. К вопросу восстановления нефтеналивных цистерн на Белорусской железной дороге // II научно-техническая конференция «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – Санкт-Петербург, 2001. – С. 126-128.
2. Moaveni S. Finite element analysis. Theory and application with ANSYS. – New Jersey: Prentiss Hall Inc. – 1999. – 527 с.

3. Путято А. В. Конечно-элементное моделирование котла железнодорожной цистерны с использованием программного комплекса ANSYS // Республиканский межведомственный сборник научных трудов «Машиностроение». Вып. 18. Под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – с. 491 – 495.
4. Путято А. В. Особенности конечноэлементного моделирования рамы железнодорожной цистерны // Республиканский межведомственный сборник научных трудов «Машиностроение». Вып. 19. Под ред. И. П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2003. – с. 712 – 716.
5. Шимановский А. О. Математическая модель и расчет динамики цистерн, частично заполненных жидкостью // Актуальные проблемы динамики и прочности в теоретической и прикладной механике. – Мн.: «Технопринт», 2001. – с. 506 – 510.
6. Сенько В. И., Шимановский А. О., Путято А. В. Расчетная схема приложения силовых факторов к конструкции цистерны при ее движении в кривой // Труды научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2003. – с. IV-79 – IV-80.
7. Путято А. В. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния железнодорожной цистерны при движении по кривой // Известия Белорусской инженерной академии, 2003. – №1(15)/1. – С. 170 – 173.
8. Казимиров А. С. Изменение напряжений в нижнем листе котла вагона-цистерны при ослаблении тарельчатых пружин хомутов // II научно-техническая конференция «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». – Санкт-Петербург, 2001. – С. 29-30.

УДК 62-229.316.6

Щербаков С.А.

РАСЧЕТЫ ПРИ УСТАНОВКЕ ЗАГОТОВОК НА РОМБИЧЕСКИЕ ПАЛЬЦЫ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Введение. Установка заготовок по плоскости и точным отверстиям предполагает использование ромбических пальцев, которые позволяют в некоторых пределах компенсировать отклонения расположения отверстий и обеспечить уста-

новку - снятие заготовок. В учебной и справочной литературе [1...6] упоминаются следующие схемы установки, использующие ромбические установочные пальцы: установка на плоскость и отверстие параллельное установочной плоскости,

Щербаков Сергей Александрович, к.э.н, доцент каф. «Технология машиностроения» Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого.

Беларусь, ГГТУ им. П.О. Сухого, 246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.

установка на плоскость и два перпендикулярных ей отверстия, установка на плоскость и три перпендикулярных ей отверстия. Там же приводятся формулы для определения ширины цилиндрического участка ромбического (срезанного с боков) пальца для компенсации погрешностей положения осей отверстий в заготовках и осей пальцев в приспособлениях, и для обеспечения беспрепятственной установки-снятия заготовок. Кроме того разработаны рекомендации по конструктивным размерам установочных пальцев, представленные в ГОСТах 16898-71, 16899-71, 16900-71, 16901-71, 17774-72, 17775-72, 12209-66, 12210-66, 12211-66, 12212-66. В них рекомендуются посадки для ромбического пальца g6, f6, f7, f9, а ширина ленточки задается в пределах от 0,6 до 5 мм.

Постановка задачи. В источниках [1...6] формулы для расчета ширины ленточки ромбического пальца различаются между собой. Например, для установки на два пальца в [1] и [4]

$$b = \frac{d_p \Delta_p}{0,5(T + T_{II}) - \Delta_u}, \quad (1)$$

в [2]

$$b = \frac{d_p \cdot 2 \cdot \Delta_p}{T + T_{II} - 2 \cdot \Delta_u} - \frac{T + T_{II} - 2 \cdot \Delta_u}{2}, \quad (2)$$

в [6]

$$b = \frac{D_p \Delta_p}{0,5(T + T_{II}) - \Delta_u}, \quad (3)$$

где b - ширина ленточки ромбического пальца;

d_p - наибольший предельный диаметр ромбического пальца;

Δ_p - гарантированный (минимально возможный) радиальный зазор в сопряжении ромбического пальца с базовым отверстием;

T - допуск межцентрового расстояния отверстий в заготовке;

T_{II} - допуск межцентрового расстояния пальцев в приспособлениях;

Δ_u - минимальный радиальный зазор в сопряжении цилиндрического пальца с базовым отверстием заготовки;

D_p - наименьший предельный диаметр отверстия под ромбический палец;

а для установки на плоскость и параллельное отверстие

$$b = \frac{D_p \Delta_p}{0,5(T + T_{II})}. \quad (4)$$

Рекомендаций для определения размеров ромбических пальцев при установке заготовки на плоскость и три перпендикулярных ей отверстия автор не нашел.

Существующие рекомендации противоречивы, неполны, требуют уточнений и дополнений.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ схемы установки на плоскость и два пальца, выполненный в [7], позволил и для перечисленных выше схем установок с точки зрения требований обеспечения необходимой точности обработки и гарантированной установки заготовок выделить следующие три основополагающих положения для соблюдения названных требований:

- погрешности базирования (ϵ_δ) зависят от наибольших зазоров в сопряжениях базовых отверстий с установочными пальцами ($z_{u\max}, z_{p\max}$);
- наименьшие зазоры сопряжений зависят от наибольших зазоров и допусков на изготовление базовых отверстий и установочных пальцев;
- гарантированная установка будет обеспечена, при расчете размеров ромбических пальцев по наименьшим зазорам сопряжений отверстий с пальцами ($z_{u\min}, z_{p\min}$) и допускам на расположение: базовых отверстий (T) в заготовке и установочных пальцев (T_{II}) в приспособлении.

1. Погрешности базирования, вызванные конструкцией приспособления, не обеспечивающей совмещение конструкторских и технологических баз.

1.1. Как было показано в [7], для установки заготовки на плоскость и два пальца в качестве осей технологической системы координат выбраны - ось $O_u X$, проходящая через центры установочных пальцев; ось $O_u Y$ - перпендикуляр к оси $O_u X$, проходящий через центр цилиндрического пальца. Для размеров, заданных на чертеже детали параллельно оси $O_u X$

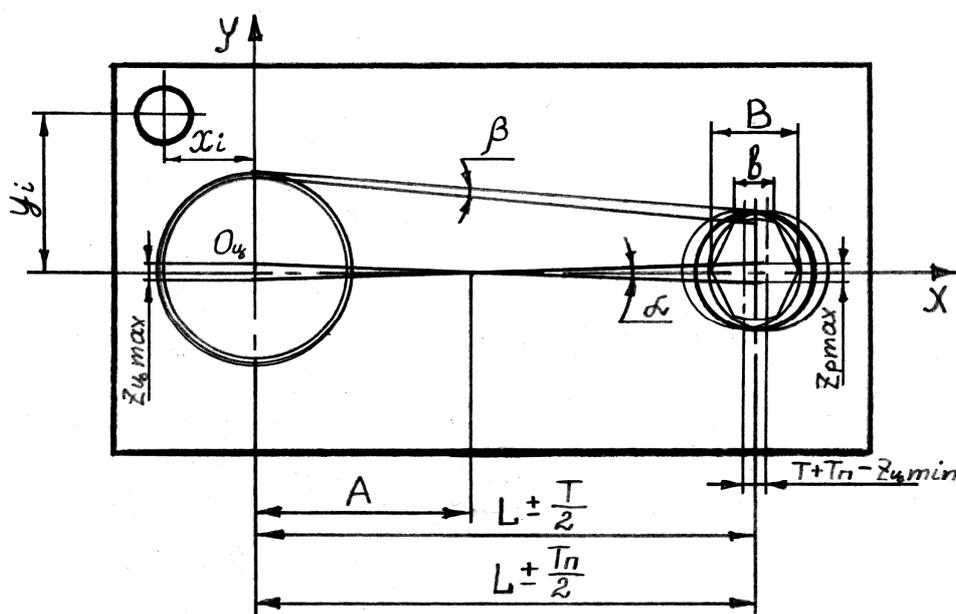


Рис. 1. Установка на плоскость и два перпендикулярных ей отверстия.

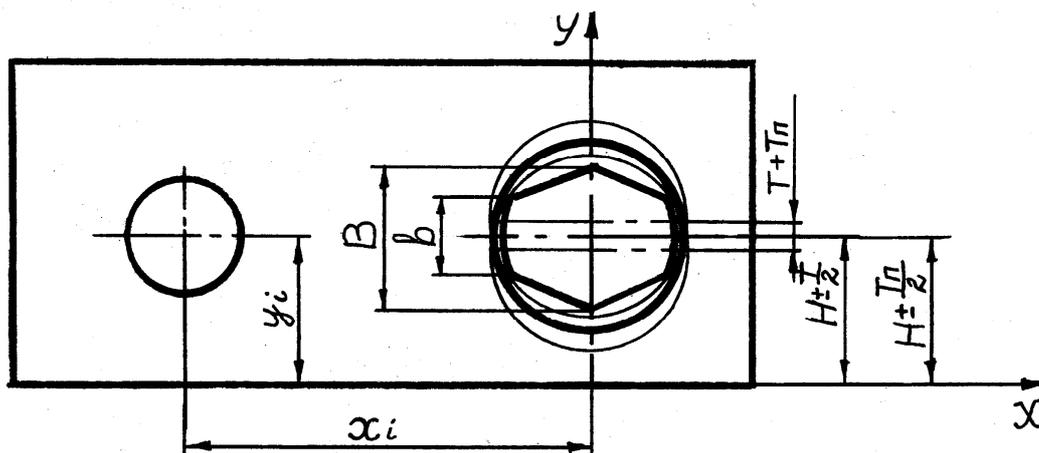


Рис. 2. Установка на плоскость и параллельное ей отверстие.

от центра базового отверстия (O_u), сопрягаемого с цилиндрическим пальцем (см. рис.1), погрешность базирования i -го элемента будет равна большему значению из возможных смещений по оси O_uX при сдвиге и при повороте заготовки на пальцах:

$$\epsilon_{\delta x_i} = \max \left\{ z_{u\max} + \frac{z_{p\max}}{L} |y_i|; \alpha \cdot |y_i| \right\}, \quad (5)$$

где $z_{u\max}$, $z_{p\max}$ - наибольшие зазоры в сопряжениях заготовки с цилиндрическим и ромбическим пальцами;

L - расстояние между осями пальцев;

y_i - ордината i -го элемента (оси отверстия или наиболее удаленной точки i -й поверхности от начала системы координат);

α - наибольший угол поворота заготовки на пальцах, рад,

$$\alpha = \arctg \frac{z_{u\max} + z_{p\max}}{L} \approx \tg \alpha = \frac{z_{u\max} + z_{p\max}}{L}; \quad (6)$$

- для размеров, заданных на чертеже детали параллельно оси O_uY от центра базового отверстия (O_u), погрешность базирования i -го элемента будет также равна наибольшему значению из возможных смещений при сдвигах и смещениях при поворотах

$$\epsilon_{\delta y_i} = \max \left\{ \begin{array}{l} z_{u\max} + \beta \cdot x_i, \text{ при } z_{u\max} < z_{p\max}; \\ z_{u\max} - \beta \cdot x_i, \text{ при } z_{u\max} > z_{p\max}; \\ |\alpha \cdot x_i - A|, \text{ при } 0 > x > L \end{array} \right\}; \quad (7)$$

где x_i - абсцисса i -го элемента (оси отверстия или наиболее удаленной точки поверхности от начала координат),

A - расстояние центра поворота от оси Y .

$$A = \frac{z_{u\max} \cdot L}{z_{u\max} + z_{p\max}}; \quad (8)$$

β - угол поворота при наибольших сдвигах заготовки, рад

$$\beta = \frac{|z_{u\max} - z_{p\max}|}{L}. \quad (9)$$

Наибольшие зазоры в сопряжениях "отверстия-пальцы" равны [1,2]

$$z_{\max} = D_{\max} - d_{\min}; \quad (10)$$

где D_{\max} - наибольший предельный диаметр соответствующего отверстия ($D_{u\max}$, $D_{p\max}$);

d_{\min} - наименьший предельный диаметр соответствующего пальца ($d_{u\min}$, $d_{p\min}$).

1.2. Погрешности базирования при установке на плоскость и параллельное ей отверстие в технологической системе координат (см. рис.2) - ось абсцисс - пересечение установочной плоскости с плоскостью, перпендикулярной оси базового отверстия; - ось ординат - перпендикуляр к установочной плоскости, проходящий через центр базового отверстия [1]:

- для размеров, заданных на чертеже детали от установочной плоскости параллельно оси Y

$$\epsilon_{\delta y_i} = 0; \quad (11)$$

- для размеров, заданных от оси базового отверстия параллельно оси X ,

$$\epsilon_{\delta x_i} = z_{\max}. \quad (12)$$

1.3. Погрешности базирования при установке на плоскость и три перпендикулярных к ней отверстия.

Если за ось абсцисс технологической системы координат выбрана прямая, соединяющая центры двух ромбических пальцев с параллельными большими диагоналями, а за ось ординат взят перпендикуляр к оси абсцисс, проходящий через центр третьего ромбического пальца с большей диагональю, параллельной оси абсцисс (см. рис.3):

- для размеров, параллельных оси абсцисс, заданных на чертеже детали от центра ромбического пальца 3, погрешность базирования будет равна сумме наибольших смещений при сдвигах заготовки и при поворотах, т.к. в этой схеме, в отличие от установки на два пальца, по оси X возможны одновременные наибольшие сдвиги и повороты

$$\epsilon_{\delta x_i} = z_{3\max} + \alpha \cdot |y_i|; \quad (13)$$

- для размеров, параллельных оси ординат, заданных на чертеже детали от линии центров отверстий 1 и 2, погрешность базирования будет равна наибольшему значению из смещений при сдвиге или при повороте (14)

где $z_{1\max}$, $z_{2\max}$, $z_{3\max}$ - наибольшие зазоры в сопряжениях базовых отверстий 1, 2, 3 с соответствующими ромбическими пальцами;

β - угол поворота на пальцах 1 и 2, возникающий при разных $z_{1\max}$ и $z_{2\max}$ и при наибольших сдвигах заготовки по оси Y ;

T - допуск на расположение отверстия в заготовке;
 T_{II} - допуск на расположение пальца от установочной плоскости в приспособлении.

3.2. При установке на плоскость и два отверстия (см. рис.1): (25)

$$d_{p\max} = D_{p\min} - z_{p\min}, \quad (23)$$

$$B \leq D_{p\min} - (T + T_{II} - z_{u\min}), \quad (24)$$

где $D_{p\min}$ - наименьший предельный диаметр базового отверстия, сопрягаемого с ромбическим пальцем;

$d_{p\max}$ - наибольший предельный диаметр ромбического пальца;

$z_{u\min}$ - наименьший зазор в сопряжении "отверстие-цилиндрический палец".

3.3. При установке на плоскость и три отверстия (см. рис.3)

$$d_{i\max} = D_{i\min} - z_{i\min}, \quad (26)$$

$$B_1 \leq D_{1\min} - (T_{R_1} + T_{II R_1} - z_{3\min}), \quad (27)$$

$$B_2 \leq D_{2\min} - (T_L + T_{R_1} + T_{II L} + T_{II R_1} - z_{3\min}), \quad (28)$$

$$B_3 \leq D_{3\min} - (T_{R'} + T_{II R'} - z), \quad (29)$$

где $z = z_{2\min} + \beta \cdot R_3$, (30)

где β определяется по формуле (15), (31), (32), (33)

где $d_{i\max}$ - наибольший предельный диаметр i -го ромбического пальца;

$D_{i\min}$ - наименьший предельный диаметр i -го базового отверстия;

T_{R_1} - допуск на размер R_1 в заготовке;

$T_{II R_1}$ - допуск на размер R_1 в приспособлении;

$z_{i\min}$ - наименьший зазор в i -ом сопряжении "отверстие-палец";

T_L - допуск на размер L в заготовке;

$T_{II L}$ - допуск на размер L в приспособлении;

$T_{R'}$ - допуск на размер R' в заготовке;

$T_{II R'}$ - допуск на размер R' в приспособлении.

При расчете допусков на размер R_3 ($T_{R_3} = T_L + T_{R_1}$; $T_{II R_3} = T_{II L} + T_{II R_1}$), связывающий центры отверстий и пальцев 2 и 3, и который является замыкающим звеном (на рисунке (3) не указан) формула для B_2 станет подобной на формулу (27), а для b_2 на формулу (31): (35)

$$B_2 \leq D_{2\min} - (T_{R_3} + T_{II R_3} - z_{3\min}), \quad (34)$$

4. Последовательность расчета размеров пальцев.

1. Определение максимальных допустимых зазоров по допустимым погрешностям базирования соответствующей схемы установки.
2. Расчет минимальных зазоров сопряжений, допустимых точностью обработки и точностью изготовления базовых отверстий и установочных пальцев (формула 19).
3. Определение наибольших предельных диаметров установочных пальцев формулы (20, 23, 26).
4. Расчет допустимой ширины ромбических пальцев (B) по формулам (21, 24, 27, 28 или 34, 29). Если величины зазоров $z_{u\min}$, $z_{i\min}$ окажутся больше соответствующей им суммы допусков размеров заготовки и приспособления для формул (24, 27, 28 или 34, 29), то размеры ромбических пальцев принимаются по формулам:

$$B = d_{p\max} = b = D_{p\min} - (0,01 + 0,03), \quad (36)$$

$$B_i = d_{i\max} = b_i = D_{i\min} - (0,01 + 0,03), \quad (37)$$

где $0,01 + 0,03$ - гарантированный зазор в сопряжении "базовое отверстие-палец".

В этом случае возможна установка на два цилиндрических пальца в схеме установки, изображенной на рис.1 или три цилиндрических пальца в схеме установки на плоскость и три перпендикулярных ей отверстия (см. рис.3).

5. Расчет допустимой ширины ленточки (b) по формулам (22, 25, 31, 32 или 35, 33). Если рассчитанные значения b окажутся слишком малыми, то увеличение их значений возможно лишь с увеличением погрешности базирования, а это не всегда возможно по допустимой точности обра-

$$b \leq \frac{D_{p\min}^2 - d_{p\max}^2 - 2 \cdot (T \cdot T_{II} - T \cdot z_{u\min} - T_{II} \cdot z_{u\min}) - T^2 - T_{II}^2 - z_{u\min}^2}{2(T + T_{II} - z_{u\min})}, \quad (25)$$

$$b_1 \leq \frac{D_{1\min}^2 - d_{1\max}^2 - 2 \cdot [T_{R_1} \cdot T_{II R_1} - z_{3\min} (T_{R_1} + T_{II R_1})] - T_{R_1}^2 - T_{II R_1}^2 - z_{3\min}^2}{2(T_{R_1} + T_{II R_1} - z_{3\min})}, \quad (31)$$

$$b_2 \leq \frac{\left\{ D_{2\min}^2 - d_{2\max}^2 - 2 \left[T_L (T_{R_1} + T_{II L} + T_{II R_1}) + T_{R_1} (T_{II L} + T_{II R_1}) + T_{II L} \cdot T_{II R_1} - z_{3\min} (T_L + T_{R_1} + T_{II L} + T_{II R_1}) \right] \right\}}{2(T_L + T_{R_1} + T_{II L} + T_{II R_1} - z_{3\min})}, \quad (32)$$

$$b_3 \leq \frac{D_{3\min}^2 - d_{3\max}^2 - 2 [T_{R'} \cdot T_{II R'} - z (T_{R'} + T_{II R'})] - T_{R'}^2 - T_{II R'}^2 - z^2}{2(T_{R'} + T_{II R'} - z)}, \quad (33)$$

$$b_2 \leq \frac{D_{2\min}^2 - d_{2\max}^2 - 2 \cdot [T_{R_3} \cdot T_{II R_3} - z_{3\min} (T_{R_3} + T_{II R_3})] - T_{R_3}^2 - T_{II R_3}^2 - z_{3\min}^2}{2(T_{R_3} + T_{II R_3} - z_{3\min})}. \quad (35)$$

ботки, или увеличением вероятности затрудненной установки (с натягом и деформациями по линиям контакта с пальцами базовых отверстий).

Выводы. Для решения взаимосвязанных задач при технологическом и конструкторском проектировании технического обеспечения операций обработки заготовок, схема установки которых использует ромбические пальцы, предложены:

- формулы для определения погрешностей базирования, обусловленных конструкциями приспособлений, для установки на плоскость и параллельное ей отверстие, для установки на плоскость и два перпендикулярных ей отверстия, для установки на плоскость и три перпендикулярных ей отверстия;
- формулы для расчета допустимых ширины ромбического пальца (B) и ширины цилиндрического участка (b) для упомянутых схем установки;
- последовательность расчетов размеров ромбических пальцев для достижения приемлемой точности обработки при гарантированной установке заготовки в приспособление.

Это позволяет производить проектные расчеты при конструировании приспособлений и повышать точность обработки для указанных схем установки.

УДК 621.436.038

Кухаренко Г.М., Путеев Н.В.

ВОЗМОЖНОСТИ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОЦЕССА ВПРЫСКА ТОПЛИВА СОВРЕМЕННОГО ДИЗЕЛЬНОГО ДВС

Любые работы по развитию конструкций топливных систем (ТС) и совершенствованию процессов, в них протекающих, подчинены одной цели – содействовать оптимизации рабочего процесса в цилиндре ДВС. Поэтому охарактеризовать ТС и выходные параметры впрыскивания необходимо так, чтобы в дальнейшем получить понятное и математически описываемое влияние на характеристику выгорания топлива.

Анализом ТС, применяемых сегодня, возможно определение информационных, ограничивающих и управляющих параметров ТС, что позволит рекомендовать тип ТС конструктивные параметры ТС при оптимизации рабочего процесса для конкретного ДВС.

Протекание рабочего процесса в ДВС определяет требования к топливоподаче и коррекции работы ДВС через возможности ТС по поступающей информации от различных устройств.

Так, взяв за основу перечень требований специалистов AVL [1], можно сказать, что современный дизель должен:

- иметь непосредственный впрыск – повышает мощность и улучшает экономичность;
- получать высокий крутящий момент на низкой частоте вращения коленчатого вала – уменьшает потери на трение;
- иметь эффективный охладитель наддувочного воздуха – снижает содержание NOx в отработавших газах (ОГ), дыма;
- иметь относительно высокую степень сжатия;
- иметь симметричные условия для смесеобразования: 4 клапана на цилиндр и вертикальное расположение форсунки;
- иметь высокий потенциал для смесеобразования воздух-топливо путем повышения давления впрыскивания;
- осуществлять многоступенчатый впрыск - обеспечивает снижение шума и работу нейтрализаторов, катализаторов и фильтров твердых частиц;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болотин Х.Л. Костромин Ф.П. Станочные приспособления. Изд. 5-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1973. - 344с.
2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1981. - 277с.
3. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. /Ред. совет: Б.Н.Вардашкин (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1984. - Т.1 /Под ред. Б.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова, 1984. - 592с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Изд.3 переработанное. Том 2. Под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР д-ра техн. наук проф. А.Н.Малова. М.: Машиностроение, 1972. - 568с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 496с.
6. Справочник металлиста, том 4. - М.: Машгиз. 1959. - 778с.
7. Щербаков С.А., Кульгейко М.П. Решение технологических и конструкторских задач при установке заготовки на плоскость и два пальца. / Вестник ГТТУ им.П.О.Сухого, №4. 2003, с.3-12.

- управлять рециркуляцией отработавших газов с применением охлаждения;
- управлять воздухоподачей;
- иметь возможность изменять вихревое число свежего заряда;
- управлять началом и длительностью подачи топлива с учетом индивидуальных настроек каждого цилиндра по трактам подачи топлива и газовым;
- иметь систему управления, связанную с работой других агрегатов мобильной или специальной машины.

Анализ ТС проводился по информации фирм-лидеров по выпуску ТС и их компонентов - BOSCH, DELPHI, SIEMENS, CATERPILLAR, CUMMINS, L'ORANGE, SOCIETE BUDI, опыту применения систем управления HEINZMANN, данным научно-исследовательских центров AVL, НАМИ, результатам практики эксплуатации систем с программным управлением на мобильной технике VOLVO, PEUGEOT, CATERPILLAR, FORD, MERCEDES, ISUZU и др., а также по выводам собственных научных разработок и исследований.

В результате анализа ТС выделены четыре основных класса: ТС с механическим управлением топливоподачей, с электронно-актуаторным управлением, с электронным управлением посредством дозирующих клапанов - импульсные и аккумуляторные.

Практически все ТС с механическим управлением, нашедшие широкое применение, осуществляют лишь дозирование количества впрыскиваемого топлива, изменение угла начала-окончания подачи и выполнение регулятором корректирующих функций.

Отметим, что у рядных насосов хорошо реализуются пусковые кромки на плунжере, изменяющие угол опережения впрыска при пуске на 5-8°, меньшее количество типов насо-

Кухаренко Георгий Михайлович, д.т.н., профессор, зав. каф. ДВС Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Путеев Николай Владимирович, к.т.н., советник генерального директора Ночинский завод топливной аппаратуры.