

Литература

1. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. -М.: Машиностроение, 2001 368 с.
2. Григор'єва Н.С., Божидарнік В.В., Шабайкович В.А. Автоматичне складання виробів. Вид-во „Надстир'я”, м. Луцьк, 2005, - 382 с.
3. Патент України № 55715 А, МКИ В25J9/08. Складальний центр./ Шабайкович В.А., Григор'єва Н.С., Марчук В.І., Поліщук О.С. Заявл. 22.5.02; Опубл. 15.04.03. Бюл. № 4. - 5 с.:іл.
4. Патент України № 63128 А, МКИ В25J9/08. Оброблювальний центр. / Шабайкович В.А., Григор'єва Н.С., Марчук В.І. Заявл. 09.12.02; Опубл. 15.01.04. Бюл. № 1. - 5 с.:іл.
5. Grigorjeva N. Scientific Foundation of Module Technologies for Flexible Assembling Production. Magazine „Akta Mechanika Slovaca”, Košice, ročník 12. 2-A/2008, -P. 225-231.

Обеспечение качества сборки узла штуцера тепловых подогревателей

Дмитриев А.В., д.т.н., проф. Рыльцев И.К.

Самарский Государственный Технический Университет

Начиная с 1995 года инвестиции по Самарской области ООО «Адверс» вкладываются в технологию изготовления предпусковых тепловых подогревателей (ПТП) двигателей грузовых автомобилей. Существенную долю в себестоимости ПТП составляют затраты на металлорежущее оборудование механической обработки деталей. В технологии крупного бизнеса точность неподвижных разъемных соединений обеспечивается методом полной взаимозаменяемости (ПВЗ). Конкурентоспособность малого бизнеса гарантируется методом регулировки (МР) при замене метода ПВЗ в технологии изготовления ПТП. Для предприятий малого бизнеса МР позволяет разработать энергосберегающую технологию, исключая механическую обработку ненормализованных деталей ПТП.

Цель исследования - разработать конкурентоспособную технологию малого бизнеса, исключая операции механической обработки ненормализованных деталей ПТП. Перераспределением технологического потенциала механической обработки между заготовительными и сборочными операциями решается задача - повышения эксплуатационных параметров ПТП на этапе сборки МР. Реализация МР предусматривает разработку методики структурно упорядоченной сборки (СУС), которая включает раскрытие свойств эксплуатационной стабильности в зависимости от качества сборки. Методика СУС сборки ПТП обеспечивает эффективное распыление топливоздушного смеси в камере сгорания, следовательно, уменьшает расход топлива. По методике СУС определяются предельные значения экономической точности сборки МР узла штуцера ПТП. Кроме того, оценивается стабильность круговой и угловой симметрий распыления топливоздушного смеси.

Общий вид узла штуцера ПТП представлен на рис. 1.

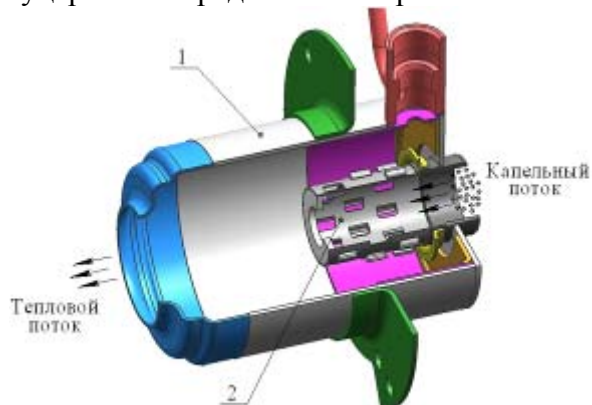


Рис. 1. Сборочные компоненты камеры сгорания предпускового теплового подогревателя: 1 – стакан, 2 – штуцер.

Во время сгорания топлива ПТП нет возможности измерить распределение топливовоздушной смеси. Следовательно, при натурных испытаниях нельзя установить эффективность распыления топлива от погрешности сборки. Единственный путь получить искомую зависимость – это моделировать впрыск топлива $D\{n\}_{|\Delta t \rightarrow 0}$ с входными параметрами погрешности сборки $\Delta(\alpha, a)_c$ и выходными параметрами распределения случайных капельных потоков $P(n, s)_{|\Delta(\alpha, a)_c} = \text{var}$ в кольцевом зазоре S камеры сгорания. При моделировании учитывается, что дисперсионные капельные процессы ПТП относятся к классу регенерируемых частично наблюдаемых объектов, в которых подача топливовоздушной смеси и время ее сгорания происходят достаточно быстро в течение доли секунды $\Delta t \rightarrow 0$, а работа ПТП выполняется достаточно долго в течение нескольких часов $t \gg 1$. Эта особенность работы ПТП позволит применить метод Монте-Карло теории стохастической геометрии [1] для моделирования случайных точечных процессов (ТП).

Капля имитируется точкой с нулевой массой и нулевой размерности. Результаты приближенных вычислений капельных потоков (КП) по имитации ТП будут иметь смысл потому, что массы капель значительно меньше затрачиваемой энергии на их рассеяние (распыление). Это свойство капли позволяет генерировать ТП случайных распределений с выбранными характеристиками и сравнивать ТП со случайными распределениями КП.

Если технологической причиной стохастической стабильности кольцевой и угловой симметрий КП является соосность, то КП и ТП зависят от геометрических переменных, которые обеспечиваются МР при сборке узла штуцера ПТП. Имитационная модель ТП задает распределение капель в кольцевом зазоре конфигурационного пространства симметричного положения сопел относительно полярной системы отсчета узла штуцера. Геометрический фактор соосности составляет исходное звено линейно-угловой размерной цепи и определяет параметр стабильности кольцевого зазора между цилиндрическими поверхностями штуцера и стакана. Для задачи воспроизведения КП целесообразно ограничить пороговый уровень сложности модели тремя комбинаторными схемами сопрягаемых деталей узла штуцера рис. 2.

$\Delta = 0$ - Оси стакана и штуцера совпадают (схема 1);

$\Delta = 1$ мм - ось стакана смещена относительно оси штуцера вверх, к свече зажигания на 1 мм (схема 2);

$\Delta = -1$ мм - ось стакана смещена относительно оси штуцера вниз, от свечи зажигания на 1 мм (схема 3).

В результате моделирования КП определяется свойство круговой симметрией точек (капель) с учетом того, что сопла на образующей штуцера симметрично расположены. По результатам моделирования вычисляются статистические средние количества точек, расположенных в кольцевом зазоре. Кольцевая симметрия распыления сохраняется, если в пределах допуска на соосность статистические показатели ТП сохраняются в допустимых пределах.

Множество точек $\{n\}$, имитирующее распыление капель из сопел, достигает своих конечных положений в соответствии с заданными предписаниями генератора случайных чисел. Стохастическое моделирование ТП идентифицирует капельный поток $D\{n\}$ топливовоздушной смеси n в ограниченной замкнутой области кольцевого зазора $S = f(r, \varphi)$, образованной интервальными значениями радиусов $[r_{\min}, r_{\max}]$ и угловых секторов $\varphi [0, 2\pi]$ рис. 3.

С помощью модели устанавливается связь сопряженного множества $\{n^*\} = D\{n\}_{|\Delta \rightarrow 0}$ случайного КП с вероятностью попадания капель в угловые s -сектора $P(n, s)_{|\Delta(\alpha, a)_c} = \text{var}$ че-

рез конечные интенсивности λ ТП в зависимости от погрешностей заготовок $\Delta Z(r, \varphi)_{|r=f(\varphi)}$ и сборки $\Delta c(\alpha, a, r)_{r=f(\varphi)}$ ПТП. Для формализации круговой симметрии использовалась полярная система координат. Область кольцевого зазора S представим в виде суммы равномерно расположенных секторов s_1 в двумерном пространстве R_2 с длинами сторон a_1 и полярным углом φ_1 .

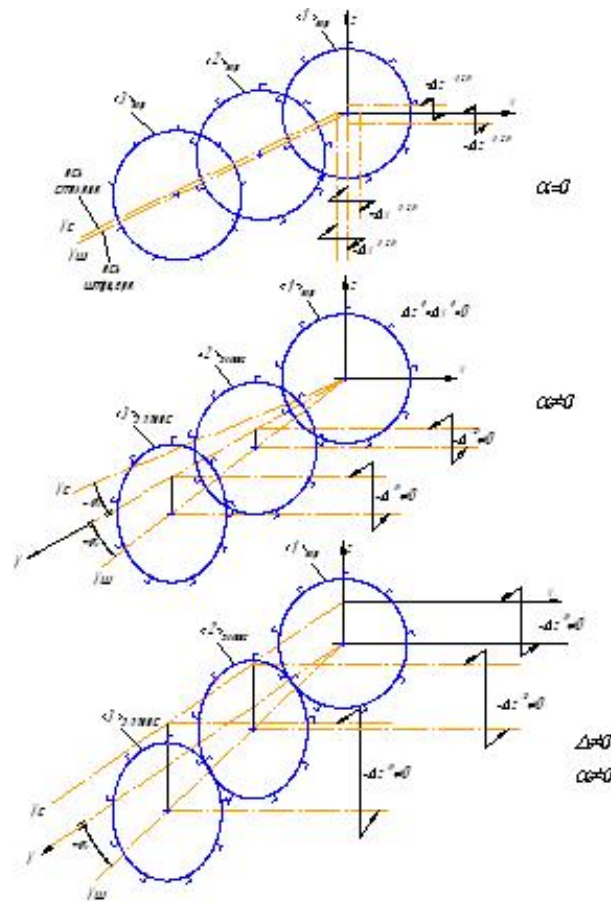


Рис. 2. Расположения осей деталей узла штуцера.

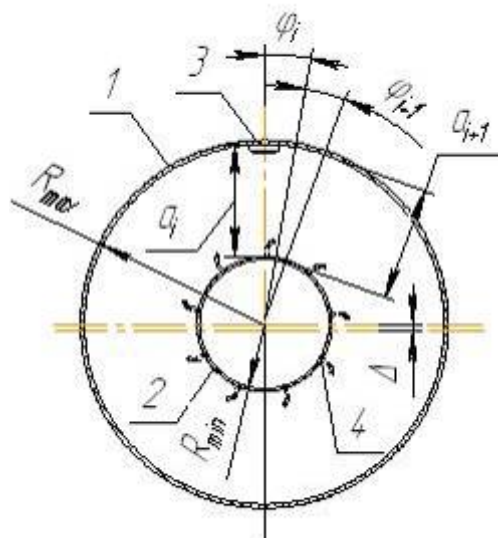


Рис. 3. Кольцевая область зазора камеры сгорания:
1 – стакан, 2 – штуцер, 3 - место крепления свечи зажигания, 4 - сопла.

Наиболее приемлемой моделью является стационарный пуассоновский процесс. Он соответствует хаотическому расположению точек, идентифицирующих КП топлива распыляемого в камере сгорания кольцевого зазора между цилиндрическими поверхностями штуцера и стакана. Пуассоновская модель ТП служит хорошим приближением при исследовании эффектов случайности в конструкторско-детерминистических механических системах. Пуассоновский процесс просто имитировать в среде MathCAD, т.к. имеются алгоритмы встроены функций. Пуассоновский процесс обладает свойством равномерности.

Разобьем кольцевую область S рис. 3 на отдельные непересекающиеся сектора $s_1, s_2, \dots, s_v, \bigcup_1^v s_i = S$.

Количество таких секторов $v = 36$ определяется трудоемкостью вычислительных процессов. Найдем наиболее вероятное распределение капель n по отдельным секторам кольцевого зазора S . Распределение капель определяется заданием чисел заполнения $\lambda_i, i \in v$ области кольцевого зазора. По утверждению [3], вероятность полиномиального распределения приводит к наиболее вероятному распределению капель по отдельным областям. Это означает, что по всей области кольцевого зазора распределение капель однородно. При больших λ_i и малых вероятностях p_i полиномиальное распределение представляется многомерным распределением Пуассона. Конструкция камеры сгорания в одном сечении ортогональном оси штуцера имеет девять сопел $k = 9$, равномерно расположенных на его цилиндрической образующей. Наличие девяти различных ТП по количеству сопел штуцера предполагает инициировать девять Пуассоновских процессов. В этом случае пространственное распределение $n(S)$ произвольной области s , охватывающее весь капельный поток $D\{n\}$, обладает вероятностным распределением

$$Вер\{n(S) = \lambda\} = \exp\{-\sigma \mu(S)\} [\sigma \mu(S) / \lambda!], \quad \lambda \in N_+, \quad (1)$$

где: σ – параметр распределения,

$\mu(S)$ – мера кольцевой области S .

Распределение (1) удовлетворяет следующим трем постулатам [4]: $n(S)$ принимает лишь неотрицательные целочисленные значения и $0 < p\{n(S) = 0\} < 1$, если $\mu(S) > 0$.

Вероятностное распределение величины $n(S)$ зависит только от $\mu(S)$ и кроме того, если $\mu(S) \rightarrow 0$, то $p\{n(S) \geq 1\} \rightarrow 0$.

Если $s_1, s_2, \dots, s_v, \bigcup s_i = S$ непересекающиеся области, то $n(S_1), \dots, n(S_v)$ - независимые в совокупности случайные величины и $n(S_1 \cup \dots \cup S_v) = n(S_1) + \dots + n(S_v)$.

Таким образом, пуассоновские свойства КП порождают равномерное распределение в кольцевом зазоре. Это следует из следующих утверждений. Если выборочная функция $n(S)$, определенная относительно S , удовлетворяет трем постулатам, то $n(S)$ имеет распределение (1). Если $n(S)$ удовлетворяет трем постулатам, то $n(S) = \lambda$, где $\mu(S) > 0$, местоположения этих n капель являются независимыми случайными величинами, равномерно распределенными в S области кольцевого зазора.

Это утверждение означает, что для любых v непересекающихся областей $s_1, s_2, \dots, s_v, \bigcup s_i = S$ кольцевого зазора и любых целых чисел $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_v$ выполняется условие:

$$p\{\lambda_1 \in S_1; \lambda_2 \in S_2; \dots; \lambda_v \in S_v | n(S) = \lambda\} = \binom{\lambda}{\lambda_1 \lambda_2 \dots \lambda_v} \left[\frac{\mu(S_1)}{\mu(S)} \right]^{\lambda_1} \left[\frac{\mu(S_2)}{\mu(S)} \right]^{\lambda_2} \dots \left[\frac{\mu(S_v)}{\mu(S)} \right]^{\lambda_v}, \quad (2)$$

поскольку $\mu(S_1) + \mu(S_2) + \dots + \mu(S_v) = \mu(S)$.

Из (2) следует, что априорные вероятности попадания капель в каждую из областей угловых секторов пропорциональны мерам множеств соответствующих областей. Поэтому для топливоздушнoй смеси большой сложности правомерно использовать гипотезу однородного пространственного распределения Пуассона.

Такой подход решения статистической задачи размещения капель обусловлен не природой вихревых процессов распыления капельно-воздушной смеси, а принятым статистическим способом формирования числа капель подчиняющимся распределению Пуассона, которое в свою очередь порождает равномерное распределение капель в кольцевых секторах.

Порядок воспроизведения ТП представлен в виде последовательных блоков расчетного алгоритма рис. 4.

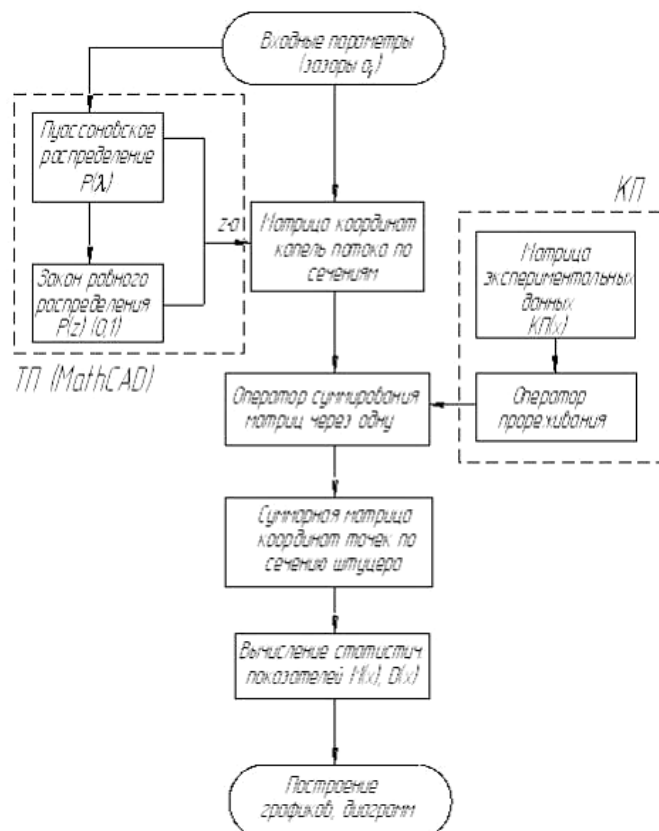


Рис. 4. Блок-схема процесса моделирования капельного потока.

Область кольцевого зазора S представим в виде суммы равномерно расположенных секторов s_1 в двумерном пространстве R_2 с длинами сторон a_1 и полярным углом φ рис. 2.

Задаются значения z_1, z_2, \dots - последовательность независимых случайных чисел, равномерно распределенных в открытом интервале $(0, 1)$. Задаются последовательности случайных интенсивностей λ , равных количеству точек n_s с пуассоновским распределением, принимающим целые положительные значения в каждом угловом s секторе кольцевого зазора. Каждое конечное положение либо принимается, либо отбрасывается с вероятностью, определенной системой неравенств (3), (4), нормированной закономерностями КП относительно φ_0 положения сопла штуцера. Правило сохранения точек n_φ углового сектора s кольцевого зазора при условии.

$$P(n_m)_\varphi \geq P(n_k)_\varphi, \text{ при } \varphi = \overline{0,350}, \quad (3)$$

и точки в секторе φ удаляются при условии.

$$P(n_m)_\varphi < P(n_k)_\varphi, \text{ при } \varphi = \overline{0,350}, \quad (4)$$

где: $P(n_m)$ – вероятность события попадания n -точек в s -сектор кольцевого зазора с углом φ ;

$P(n_k)$ – вероятность события попадания n -капель в сектор с углом φ .

Вычислительная процедура этого этапа вкачает следующие шаги:

Шаг 1. С помощью случайных чисел, имеющих распределение Пуассона, определяется интенсивность λ (количество точек в угловых s -секторах кольцевого зазора). Интенсивность равномерно распределенных точечных процессов равна суммарному количеству точек n по всем s -секторам:

$$\lambda = \sum_{i=1}^s n_i \quad (5)$$

Шаг 2. Используя равномерно распределенные случайные числа z , определяют координаты положения точек x , формируя звездную область $M \subset R^2$, означающую, что с каждой точкой x область M содержит отрезок, соединяющий x с началом координат $\{z x : 0 \leq z \leq 1\} \subset M$.

Координаты положений точек x_1, x_2, \dots в полярной системе координат определяются следующим образом:

$$x_{i,l} = (r_i; a_l z_l)_\omega, \dots, x_{i,j} = (r_i; a_l z_{i,j})_\omega, \quad (6)$$

где: i – номер углового сектора $i = \overline{0,35}$;

j – количество точек (капель) в угловом секторе.

Последовательность точек n в каждом угловом секторе s моделью не задаются, так как не имеют упорядоченных отметок, поэтому в матрице $X(s,n)_{l,j}$ положение точек с номерами столбцов не связаны и допускают любой порядок заполнения столбцов в строке матрицы X .

Имитируется ТП для следующего сопла $k = 1$, расположенного относительно первого на угол 40° . c – смещение начала отсчета глобальной системы координат на величину $k = 40^\circ$ в положительном направлении против часовой стрелки. Также учтена конструктивная особенность штуцера введением углового параметра смещения на величину $c = 40^\circ \cdot k$, где k – номер сопла штуцера. Эта координата соответствует локальной системе отсчета относительно глобальной системы координат, связанной с положением первого сопла $k = 0$.

Расчетное отображение ТП в ортогональной проекции имеет не только случайную плотность точек, но и подвержена цикловым изменениям кинетической энергии капель на пути выхода из девяти равномерно расположенных сопел штуцера. Такой процесс имеет различные функции интенсивности $\lambda_k(n)$ по количеству $k = 0,1,2,3,\dots,8$ сопел и учитывает различное взаимодействие всех потоков друг с другом. По алгоритму п. 2 получают k -реализацию стационарного пуассоновского точечного процесса интенсивности λ , их реализации с учетом взаимовлияния могут привести к сложным симметриям. Маловероятные попадания точек в угловые и меридианные области кольцевого зазора исключаются с учетом взаимовлияния двух КП из сопел, расположенных относительно друг друга под углом 80° .

Для подсчета точечных интенсивностей выполнена разметка зоны кольцевого зазора по меридианным секторам k -реализаций, получены границы ячеек. Затем прореживают каждую k -реализацию согласно функции (3) и (4) Значения вероятности события попадания точек в заданный угловой сектор определяется по зависимости:

$$p_k(n) = (\lambda_k(n) / \lambda_k^*(x)) \quad (7)$$

где: λ и λ^* - интенсивности соответственно точечных и капельных процессов.

Интенсивности ТП в каждом угловом секторе определяются по зависимости:

$$\lambda = \frac{n}{n} \quad (8)$$

где: n_φ – количество ячеек (квадратиков) заполненных точками в угловом секторе φ ;

n - количество пустых ячеек углового сектора φ .

Аналогичным образом определяются интенсивности КП:

$$\lambda^* = \frac{x^*}{x^*} \quad (9)$$

Прореживание нормирует упорядоченные точки в угловых s -секторах, по правилу реально наблюдаемых параметров капельных процессов в области двух сегментов гидромеханической системы «сопло заслонка» [2]. Прореживание является процедурой параметризации ТП физическими величинами КП.

В результате численного моделирования установлены статистические свойства круговой и угловой симметрий ТП для двух технологических схем изготовления ПТП.

Первая схема включает три вида операций: заготовительные, механической обработки и сборки. При этом относительное смещение центров окружности (X_ϕ, Y_ϕ) в сечениях цилиндрической части штуцера и (X_k, Y_k) стакана, формирующих область кольцевого зазора камеры сгорания, стремится к нулю $[(X_\phi, Y_\phi) - (X_k, Y_k)] \rightarrow 0$.

Вторая технологическая схема включает два вида операций: заготовительные и сборочные с Δ_3 и $\Delta_с$ соответствующими погрешностями. Такая технологическая схема формирует камеру сгорания с относительным смещением (сдвигом) центров малой и большой окружностей стремящимся к предельному состоянию, отличному от нуля $[(X_\phi, Y_\phi) - (X_k, Y_k)] \neq 0$ (рис. 2).

При решении задачи рассматривались три схемы сборки узла штуцера.

В результате решения были получены гистограммы дисперсий по трём рассматриваемым вариантам сборки ПТП модели 14ТС-10 (рис. 5).

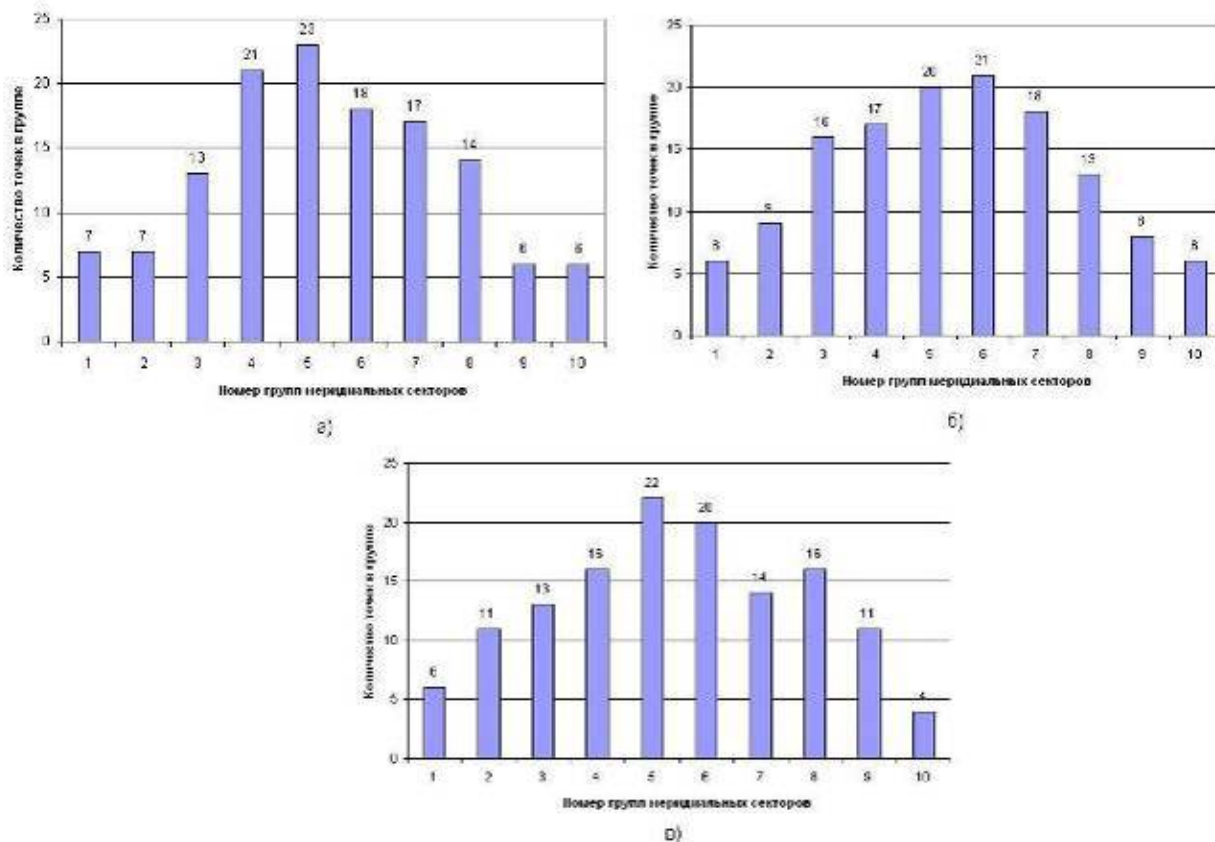


Рис. 5. Гистограммы результатов расчёта:
а – схема 1, б – схема 2, в – схема 3.

В соответствии с условиями эксплуатации КП считается предпочтительным, если капли равномерно распределены в зоне кольцевого зазора.

Выводы

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- создана модель, раскрывающая свойства СУС, зависящие от качества сборки подогревателя;
- получены гистограммы влияния несоосности трёх видов, которые указывают на то, что смещение в сторону свечи зажигания (рис. 5 б) даёт более равномерное распределение капель топливно-воздушной смеси в зоне кольцевого зазора;
- обнаружено свойство эффективного распыления топливно-воздушной смеси при смещении в направлении свечи зажигания. Ошибочно стремиться к достижению соосности, при которой эффект распыления меньше (рис. 5 а);
- полученные результаты вероятностного моделирования указывают на то, что можно исключить затратную технологию механической обработки при изготовлении узла штуцера.

Литература

1. Амбарцумян Р.В., Мекке Й., Штойян Д. Введение в стохастическую геометрию – М.: Наука, 1989, 400с.
2. Толоконников С.В. Обеспечение стабильности сборки опор скольжения на основе многоэтапной селекции. Автореферат кандидатской диссертации. Самара, 2007, 23с.
3. Артюнов П.А. Топологический анализ цепей с использованием случайных структурных чисел //Микроэлектроника.1976,Т.5. №6. С506
4. Карлин С. Основы теории случайных процессов. М.: Мир, 1971.

Сборка стенда для исследования показателей дизеля при впрыскивании воды во впускной коллектор

д.т.н., проф. Дмитриев С.В., Хлюпин В.Б.

Камская государственная инженерно-экономическая академия (ИНЭКА)

При исследовании дизельных двигателей внутреннего сгорания (ДВС) на токсичность, основное внимание обычно уделяют выбросам с отработавшими газами (ОГ) окислов азота и твердых частиц (дымность). Эти компоненты считаются наиболее вредными для человека и окружающей среды. Одним из решений по снижению выбросов окислов азота с отработавшими газами является впрыскивание воды в цилиндры [1]. Как и насколько при этом изменится содержание твердых частиц, неизвестно.

Для проведения экспериментальных исследований был собран моторный стенд, приведенный на рис. 1.

Объектом испытаний является дизельный двигатель 1С8,5/11, закрепленный на швеллерах 22. Выбор номера швеллеров осуществлялся по их прочностному расчету. Для снижения вибраций дизель установлен на резиновых подушках 20. Пуск дизеля и создание для него нагрузки осуществляется генератором постоянного тока, выполненным в виде балансирной машины 3. Для этого, вместо штатных торцевых крышек генератора, были выточены и установлены специальные фланцы. На фланцы надеты подшипники 0-209 с посадкой к6. В отверстия стоек 21 эти подшипники вставлены с посадкой К7. Работоспособность и надежность крепления подшипников зависит от характера соединения колец подшипников с валом и корпусом. Поэтому важно правильно выбрать посадку подшипников исходя из условий их эксплуатации [2]. Стойки 21 закреплены на швеллерах 22. Таким образом, статор машины может поворачиваться относительно оси вращения якоря. Вал якоря генератора соединен с коленчатым валом двигателя при помощи кулачково-дисковой муфты 19. Выбор машины постоянного тока обусловлен ее обратимостью и широким диапазоном эксплуатационных характеристик.

При запуске дизеля, электропитание генератора осуществляется постоянным током от