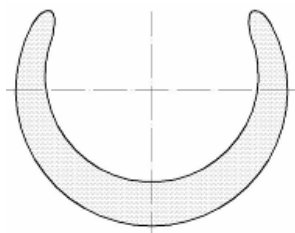


стового уплотнения в затворе в процессе эксплуатации будет также неравномерным, что негативно сказывается на обеспечении герметичности в течение всего срока службы вакуумного клапана.



**Рис. 2. Схема формы контакта поверхностей в затворе.**

Важную роль по обеспечению герметичности вакуумного клапана выполняет силовое замыкание контактирующих поверхностей в запорном органе и других элементах изделия. Но при этом силовое воздействие в процессе сборки может привести к искажению формы сопрягаемых поверхностей, например в сильфонном узле 4 (рис. 1), и его последующему разрушению.

Характер контакта в клапанном узле в основном определяется конструкцией и формируемыми в процессе сборки связями. Взаимные связи между элементами определяются точностью линейных и угловых размеров каждого из элементов и, главное, структурной схемой механизма, характеризуемой степенью статической неопределимости конструкции. Поэтому выявление и учет сборочных связей деталей и узлов вакуумных клапанов важны при прогнозировании герметичности в затворе и в сильфонной сборке. Это возможно на основании анализа размерных связей элементов клапана, обеспечивающих точность их взаимодействия, и установления характера и закономерностей сборочных взаимодействий при различных видах силового воздействия.

### Литература

1. Гуревич Д.Ф. Трубопроводная арматура: Справочное пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1981. – 368с., ил.
2. А.И. Гошко Арматура трубопроводная целевого назначения. В 3-х кн.: Кн. 1: Выбор. Эксплуатация. Ремонт. М.: Машиностроение, 2003. 432 с.: с ил.
3. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследование. Производство. Ремонт. – М.: машиностроение, 2002. – 392 с., ил.
4. Хильчевский В.В. и др. Надежность трубопроводной пневмогидроарматуры/ В.В. Хильчевский, А.Е. Ситников, В.А. Ананьевский. – М.: Машиностроение, 1989. – 208 с.: ил.
5. Проников А.С. Надежность машин. – М.: Машиностроение, 1978. – 592 с., ил.
6. Сборка и монтаж изделий машиностроения: Справочник. В 2-х т./Ред. совет: В.С. Корсаков и др. – М.: Машиностроение, 1983. – Т. 1. Сборка изделий машиностроения/ Под ред. В.С. Корсакова, В.К. Замятина, 1983. – 480 с., ил.
7. Розанов Л.Н. Вакуумная техника: Учеб. Для вузов по спец. «Вакуумная техника». – М.: Высш. шк., 1990. – 320 с.: ил.

### **Моделирование точечно-капельных процессов в зависимости от погрешности сборки узла штуцера тепловых подогревателей**

к.т.н. Толоконников С.В.

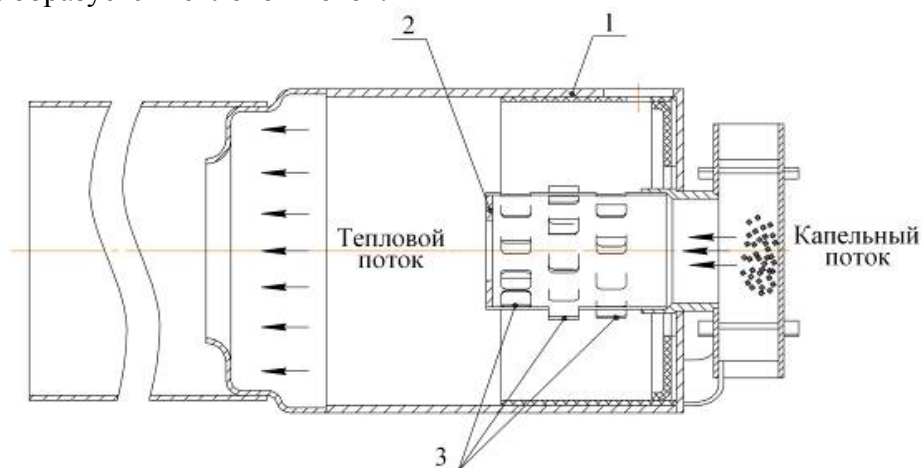
ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»

В российских климатических условиях возможность прогрева двигателя и кабины или салона автотранспортного средства перед пуском - необходимое условие его нормальной эксплуатации, поэтому всё большую популярность приобретают тепловые подогреватели.

Тепловой подогреватель представляет собой электротехническое устройство, механизм которого работает по принципу смешивания жидкого топлива с воздухом, при этом

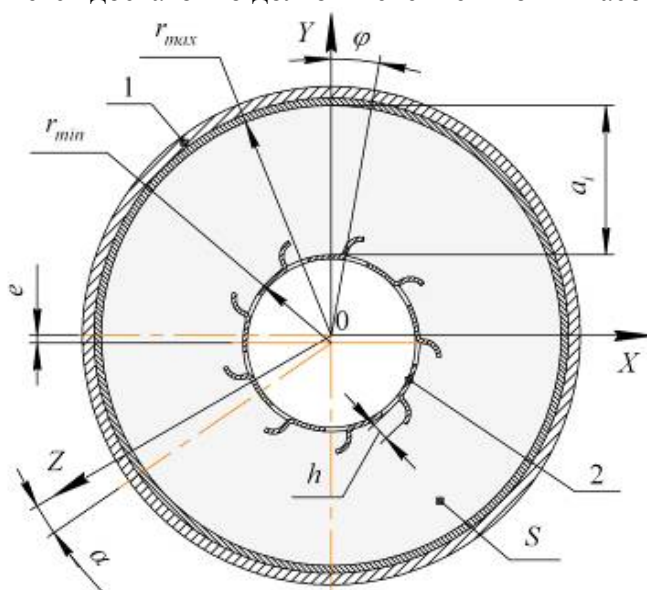
возгорание горючей смеси создает тепловой поток, предназначенный для прогрева окружающего пространства. Процесс смесеобразования характеризуется кпд, который зависит от дисперсии, создаваемой в подогревателе смеси. Дисперсия создается за счет крыльчатки, создающей вакуум в нагнетательной полости.

Общий вид узла штуцера теплового подогревателя представлен на рис. 1. В стакан 1 устанавливается штуцер 2, представляющий собой тонкостенную трубу, в которой вырублены три ряда сопел с заслонками 3. У двух рядов заслонки обращены наружу, а у одного – внутрь. Через сопла нагнетаемый крыльчаткой капельный поток попадает в стакан. На выходе из стакана образуется тепловой поток.



**Рис. 1. Узел штуцера теплового подогревателя.**

Качество сборки тепловых подогревателей определяется геометрическими параметрами стабильности кольцевого зазора между цилиндрическими поверхностями стакана 1 и штуцера 2, что составляет исходное звено  $a_i$  линейно-угловой размерной цепи (см. рис. 2). Дисперсионные процессы тепловых подогревателей относятся к классу регенерируемых частично наблюдаемых объектов, в которых время впрыска порции топливоздушной смеси и время ее сгорания происходят достаточно быстро в течение доли секунды, а работа теплового обогревателя выполняется достаточно долго в течение многих часов.



**Рис. 2. Сечение области кольцевого зазора при погрешностях сборки узла:**

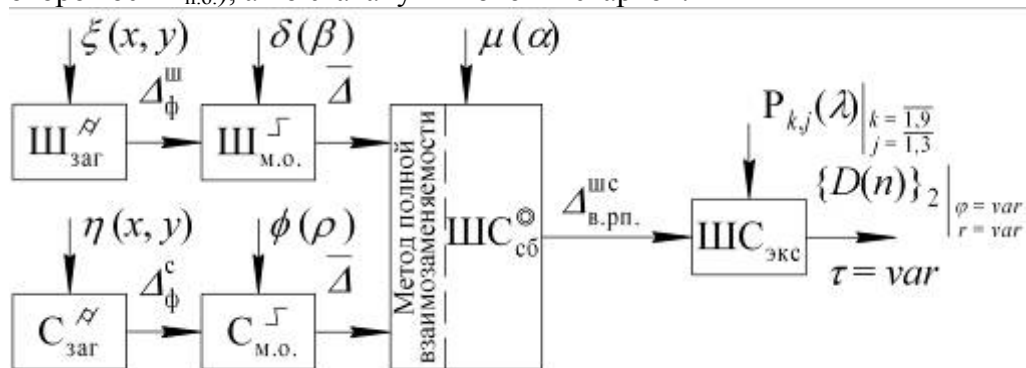
1 – стакан; 2 – штуцер;  $a_i$  – кольцевой зазор,  $h$  – высота щели сопла;

$S$  – область кольцевого зазора;  $e$  – смещение осей узла;  $\alpha$  – угол поворота оси;  $\varphi$  – угловой сектор;  $r_{\max}$  – радиус большой окружности;  $r_{\min}$  – радиус малой окружности.

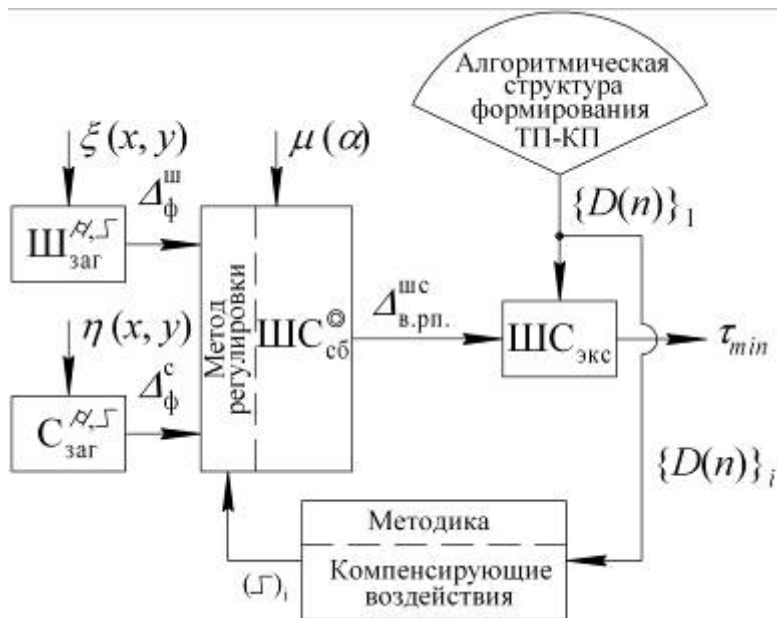
В процессе исследования необходимо установить связь восстановленного множества

М случайного точечного процесса конечной интенсивности  $\lambda = \sum (n)_i$ , где  $n$  – количество точек в зависимости от погрешностей заготовок  $\Delta_z$  и сборки  $\Delta_c$  тепловых подогревателей. Стохастическая конструкция точечного процесса идентифицирует капельный поток  $\{D(n)\}$  топливовоздушной смеси в ограниченной замкнутой области кольцевого зазора  $S = f(r, \varphi)$ , образованной закрытыми интервальными параметрами радиусов  $[r_{min}, r_{max}]$  и угловых секторов  $\varphi [0, 2\pi]$ .

Проведем исследования статистических свойств круговой и угловой симметрий точечных процессов двух технологических схем изготовления тепловых подогревателей (см. рис. 3а и б). Геометрические параметры заготовки штуцера определяются погрешностями операции вырубки из листового материала канала сопло-заслонка (погрешность высоты щели  $\Delta h$ ), гибки (погрешность формы  $\Delta_\phi$  и расположения  $\Delta_{в.рп.}$ ) и сварки по образующей цилиндра (поворот оси  $\Delta_{п.о.}$ ), а по стакану – гибкой и сваркой.



а)



б)

Рис. 3. Технологические схемы изготовления тепловых подогревателей:

$\tau$  – время перехода в устойчивый режим работы;  $k$  – кол-во сопел;

$j$  – кол-во рядов сопел;  $\lambda$  – интенсивность распределения.

Первая схема включает три вида операций: заготовительные, механической обработки и сборочные. При этом относительное смещение  $e$  центров окружности ( $X_{ш}$ ,  $Y_{ш}$ ) в сечениях цилиндрической части штуцера и ( $X_c$ ,  $Y_c$ ) стакана, формирующих область кольцевого зазора

узла штуцера, стремится к нулю  $[(X_{ш}, Y_{ш}) - (X_c, Y_c)] \rightarrow 0$ .

Вторая технологическая схема включает два вида операций: заготовительные и сборочные с  $\Delta_3$  и  $\Delta_c$  с соответствующими погрешностями. Такая технологическая схема формирует узел штуцера с относительным смещением  $e$  (сдвигом) центров малой и большой окружностей, стремящимся к предельному состоянию отличному от нуля  $[(X_{ш}, Y_{ш}) - (X_c, Y_c)] \neq 0$ .

Распознавание точечных вихревых потоков узла штуцера капельно-воздушной смеси выполняется по признакам симметрии для различных схем технологических процессов по-разному в зависимости от вероятностных оценок граничных значений, определяющих точности расположения осей симметрии сопрягаемых деталей.

В инвариантной постановке [1] табл. множество точек двумерного многообразия  $M$  кольцевого зазора отображается  $\chi$  по их интенсивности  $\lambda$  в угловых  $s$ -секторах  $\chi: M \rightarrow R$  с координатой  $s$ . Тогда векторное поле распыления капель в кольцевом зазоре  $v = \partial / \partial_s \equiv \partial_s$

имеет инвариант сдвига, если  $P(\lambda, s) = \sum_{i=1}^s \lambda_i + \varepsilon$ . Для группы вращений угла поворота осей инвариант  $\psi(\alpha, (x, y)) = (x \cos \alpha - y \sin \alpha, x \sin \alpha + y \cos \alpha)$ .

При смещении (сдвиге) центра малой окружности штуцера относительно сопряженного центра большой окружности стакана возникают три вида пространственных отклонений осей (см. рис. 2). Параллельное смещение (сдвиг) осей  $e \rightarrow 0$ , наклон оси (перекос с углом поворота  $\alpha \neq 0$ ) и совместное смещение с наклоном оси  $(e \cup \alpha)$ .

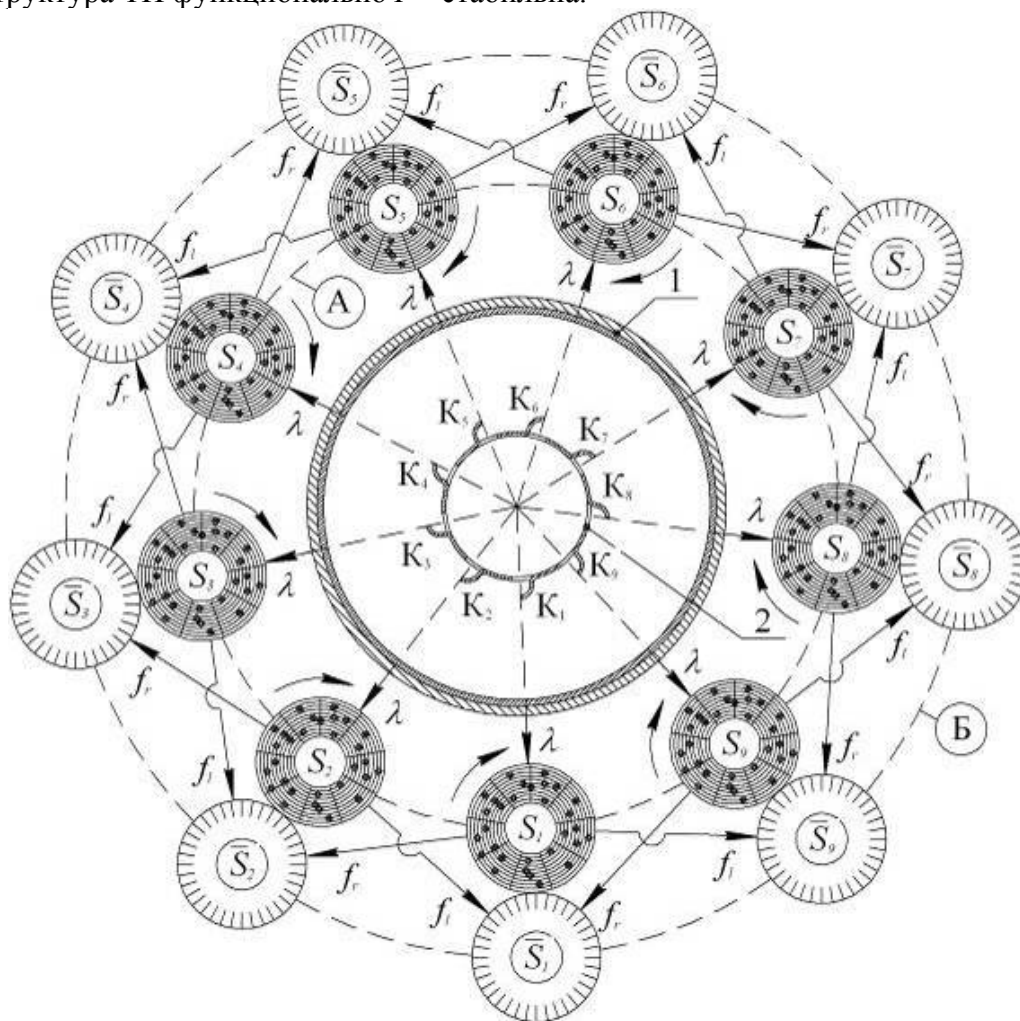
Таблица 1.

**Распознавание точечных вихревых потоков узла штуцера**

Признаки симметрии точечно-капельных вихревых потоков узла штуцера	Технологические схемы	
	Первая	Вторая
Инвариантность к масштабу $\Delta h$ высоты щели сопла	Есть	Нет
Инвариантность к углу $\alpha$ поворота осей узла	Нет	Есть
Инвариантность к смещению $e$ (сдвигу) осей узла	Есть	Есть
Инвариантность к левому и правому потоку в $s$ -секторах штуцера	Нет	Есть

Необходимость моделирования состоит в проблеме неполного наблюдения за качеством сборки узла штуцера по точности расположения сопрягаемых деталей, которая приводит к неопределенности оценки капельного потока. Компьютерная сборка допускает имитацию различных сочетаний переменных параметров погрешностей изготовления изделия, исключая риск от технологических ошибок в условиях реального производства.

Модель точечно-капельных процессов ТП-КП (см. рис. 4), построенная по признакам функциональной  $F$  стабильной  $S$  конфигурации, – это структура  $C_{ТП}^{FS}$ , образованная объединением по FS - уровням всех FS - реализаций капельных процессов, которые определены статистическим критерием стабильности ТП узла штуцера. Такая модель ТП корректно отражает КП, и если упорядоченное множество отношений структур  $C_{ТП}^{FS}$  узла штуцера имеет равную мощность множества FS - отношений структур  $C_{КП}^{FS}$  эталонной модели капельных пото-



**Рис. 4. Графическая схема модели ТП-КП:**

**1 – стакан; 2 – штуцер;  $f_l$  – образ левоинвариантный;  $f_r$  – образ правоинвариантный; А – ТП до прореживания; Б – ТП после прореживания.**

Модели ТП-КП, адекватные функционально-структурным свойствам узла штуцера, различаются ограничениями.

1. Моделирование отношений погрешности сборки  $\Delta_c$  и капельного потока  $\{D(n)\}$  без разделения на уровни  $k$  – сопел штуцера;

2. Моделирование отношений погрешности сборки  $\Delta_c$  и капельного потока  $\{D(n)\}$  с разделением на уровни  $k$  – сопел штуцера с учетом последовательности их индексов  $i$ ;

3. Моделирование функциональных отношений погрешности сборки  $\Delta_c$  и капельного потока  $\{D(n)\}$  с разделением на уровни  $k$  – сопел штуцера между двумя участками  $k_i \cup k_{i+2}$ , инвариантны левому и правому направлению потоков;

4. Моделирование взаимодействий между двумя технологическими схемами изготовления, которые отражены в следующих формальных записях (1) (включая 1 – заготовительная, механическая обработка и сборка; 2 – заготовительная и сборка) (см. рис. 3 а):

$$\begin{aligned} \{D(n)\}_1 &\rightarrow \Delta_{c6} \equiv 0, \alpha = 0, a = 0 \\ \{D(n)\}_2 &\rightarrow \begin{cases} \Delta_{c6} \neq 0, \alpha = 0, a = const \\ \Delta_{c6} \neq 0, \alpha \neq 0, a = 0 \\ \Delta_{c6} \neq 0, \alpha \neq 0, a = const : \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

5. Моделирование функциональных отношений погрешности сборки  $\Delta_c$  и капельного потока  $\{D(n)\}$  для второй технологической схемы изготовления узла штуцера, отраженное в выражении (2) (см. рис. 3 б):

$$\{D(n)\}_2 \rightarrow \begin{cases} \Delta_{c0} \neq 0, \alpha = 0, a = var \\ \Delta_{c0} \neq 0, \alpha \neq 0, a = 0 \\ \Delta_{c0} \neq 0, \alpha \neq 0, a = var, \end{cases} \quad (2)$$

Переменные несвязанные параметры – смещение центра малой окружности относительно центра большой окружности; угол наклона  $\alpha$  оси малой окружности в радиальной сечущей плоскости воспроизводит – эллипс. Постоянные связанные параметры – область кольцевого зазора  $S$  между малой и большой окружностями; погрешности сборки  $\Delta_c = f(e, \alpha)$  интенсивность случайного процесса  $\lambda^*$  на выходе сопла, расположенного на окружности малого диаметра; функции интенсивностей  $\lambda(x)$ , характеризующей изменение кинетической энергии капель на пути от сопла к заслонке. Постоянные несвязанные параметры – мощность множества количества  $n$  капель (точек), заполняющих пространство кольцевого зазора.

Задаются начальные условия: область кольцевого зазора  $S$ , которая заполняется точками  $n$ , имитирующими капельные вихревые потоки  $\{D(n)\}$ . Параметром дисперсии в каждой меридианной области факторизуется потенциал взаимодействия между каплями, образующими кластеры. Путем кругового сдвига накладываются фиксированные граничные условия на круговое расположение сопел в соответствии с конструкцией штуцера. Капля имитируется безмассовой точкой нулевой размерности. Результаты приближенных вычислений капельных процессов по точечным процессам будут иметь смысл потому, что массы капель значительно меньше затрачиваемой энергии на их рассеяние (распыление).

Моделирование точечных процессов проводится методом Монте-Карло на основе теории стохастической геометрии [2]. Известно, что круговая симметрия требует полярной или цилиндрической системы координат. Разработка эвристической модели, имитирующей точечные процессы в конфигурационном пространстве положения сопел, формирующих геометрические переменные конструкции штуцера, задает расположение капель в кольцевом зазоре относительно полярной системы отсчета. При моделировании определяющее свойство гидромониторной системы «штуцер-стакан» круговой симметрии большого числа точек (капель) вычисляются статистические средние положения точек в кольцевом зазоре. Кольцевая симметрия узла штуцера сохраняется, если статистические показатели ТП при максимальной и минимальной погрешности изготовления остаются идентичными. Угловая симметрия отражает свойство конструктивной симметрии углового расположения сопел на образующей штуцера. Методика должна давать ответ на вопрос, до какой степени установленные свойства круговой и угловой симметрий остаются справедливыми при наличии погрешности сборки  $\Delta_c$  узла штуцера.

Множество точек  $\{n\}$ , имитирующее распыляемые из сопел капли, достигают конечных положений в соответствии с заданными предписаниями генератора случайных чисел. Согласно принципу вероятностного прореживания каждое конечное положение либо принимается, либо отбрасывается с вероятностью, определенной импульсом:

$$P \approx e^{-S/c\varphi} \quad (3)$$

где:  $\varphi$  – угловой сектор штуцера,  $c$  – константа расположения точки относительно  $\varphi_0$  положения сопла штуцера по закону вихревых капельных потоков.

Для выполнения методики, реализующей формальную эвристическую модель, необходимо:

1. Найти множества следов проекций распыленных точек каждого  $k$ -сопла оставленных на (мишенях) экранах  $P^\perp$ , ортогональных оси симметрии штуцера, порожденных случайными вихревыми потоками капельно-воздушной смеси;

2. Предложить алгоритм (прореживания) нормирования множества следов точек по множеству следов капель, полученных при натурных испытаниях по схеме сопло-подвижная заслонка [3];

3. Найти условия сборки, при которых погрешности изготовления узла штуцера тепловых обогревателей инвариантны относительно угловой и круговой симметрий множеств распределений следов точечных потоков в области кольцевого зазора  $S$  и будут гарантировать согласованность геометрического формализма ТП с физическими процессами КП;

4. Определить свойство асимптотической симметрии точечно-капельных процессов по угловому и круговому признакам, от перераспределения норм точности изготовления между заготовительным и сборочным производствами.

#### **Заключение**

1. Разработанная модель представлена в виде точечных процессов ТП, которые эквивалентно отражают капельно-воздушные потоки на основе случайного распределения Пуассона и равномерностного распределения (прямая задача) и позволяют на этапе моделирования оценить процессы, происходящие в системе «штуцер-стакан», закрытые от наблюдателя.

2. Представленная модель связывает конструктивную симметрию с симметриями потока – круговой и угловой (обратная задача), что соответствует технологическим схемам изготовления узла штуцера на эвристическом уровне.

3. Модель позволяет отразить на точечно-капельных процессах виды погрешностей сборки, такие как смещение, перекося или совместное их проявление. Адекватность модели проверяется условиями круговой и угловой симметрий, что не требует большого количества экспериментов и ведет к меньшим затратам.

#### **Литература**

1. Олвер П. Приложения групп Ли к дифференциальным уравнениям: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989 – 639с.
2. Амбарцумян Р.В., Мекке Й., Штойян Д. Введение в стохастическую геометрию – М.: Наука, 1989 – 400с.
3. Толоконников С.В. Исследование динамических свойств опор скольжения // Вест. Самар. гос. техн. ун-та. Вып. 41. Сер. Техн. науки. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2006, С. 142 – 147.

#### **Управление наследованием показателей качества при восстановлении, обработке, сборке и эксплуатации деталей машин**

д.т.н., проф. Хейфец М.Л., к.т.н., доц. Лысов А.А., к.т.н., доц. Кусакин Н.А., Премент Г.Б.

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Беларусь*

Обеспечение высокого качества продукции на этапе создания и освоения изделий заключается в организации такой технологической подготовки и осуществлении производства, при которых продукция соответствовала бы требованиям конструкторской документации и не имела бы вредных последствий от технологических методов обработки [1]. Поэтому все операции и их технологические переходы следует рассматривать не изолированно, а во взаимосвязи, так как конечные характеристики формируются всем комплексом технологических воздействий и изменяются при эксплуатации машины, ее техническом обслуживании и ремонте [1, 2].

Под наследственностью в технологии машиностроения подразумевают явление переноса свойств обрабатываемого объекта от предшествующих операций и переходов к последующим, которое в дальнейшем сказывается на эксплуатационных свойствах деталей машин [3, 4]. Носителями наследственной информации являются обрабатываемый материал и поверхности детали со всем многообразием описывающих их показателей. Носители информации активно участвуют в технологическом процессе и на стадиях эксплуатации, проходя че-