Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова

Отчет

о самостоятельной работе по дисциплине «Основы научных исследований»

Модуль № 1

Вариант индивидуального задания № 11

Номер зачетной книжки студента -

Выполнил

Студент гр. *\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_*.*

 (подпись) (ФИО)

 Руководитель

*профессор* \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ *Кадырметов А. М.* (подпись) (ФИО)

Воронеж 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Вопросы по теоретическому курсу………………………………… ……...2

1.1 Вопрос 1. Что относится к основным этапам научного исследования?……………………………………………………………...….2

1.2 Вопрос 2. Что такое метод «мозгового штурма»……………………......6

1.3 Вопрос 3. Интервальные оценки, доверительные интервал и вероятность.…………..………………………………………….……………..8

1.4 Вопрос 4. Метод прогонки решения матричных уравнений и его реализация на компьютере ………………………………………………..…12

2.1 Задания по практическому курсу………………………………………..19

2.1.1 Повышение износостойкости кулачков распределительного вала ...19

2.1.2 Список литературных источников……………………………………..26

2.1.2 Построить план эксперимента при проведении исследования работы «Повышение износостойкости кулачков распределительного вала»… …28

Список литературных источников …………………………………………..34

1 Вопросы по теоретическому курсу

1.1 Вопрос 1. Что относится к основным этапам научного исследования?

Этап научного исследования – часть работ, проводимых в рамках НИ, характеризующаяся определенным полученным результатом, являющаяся объектом планирования и финансирования [1].

ГОСТ 15.101-98 в общем случае предусмотрены следующие этапы НИ:

- «Выбор направления исследований»;

- «Теоретические исследования»;

- «Экспериментальные исследования»;

- «Обобщение и оценка результатов исследований».

***Этап «Выбор направления исследований»***

Этап «Выбор направления исследований» проводят с целью определения оптимального варианта направления исследований на основе анализа состояния исследуемой проблемы, в том числе результатов патентных исследований, и сравнительной оценки вариантов возможных решений с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичным проблемам [2].

Первый этап – подготовительный этап.

Он включает выбор темы исследования, постановку цели и задач исследования, определение его объекта и предмета, выдвижение первичной гипотезы можно рассматривать как подготовительный этап научного исследования.

Исследователь в предметном поле своей науки сталкивается с проблемой, которая требует разрешения. При этом в рамках выявленной проблемы ученый или исследовательский коллектив определяет тему своей предстоящей работы. Обратившись к истории познания, можно видеть какими разными путями, от разных отправных точек шло исследование самых разных природных или социальных объектов, явлений или процессов.

Множественность путей научного поиска можно рассматривать как условие продуктивности исследований. Разные пути обогащают и дополняют друг друга. Но нужно также иметь в виду, что не всякий путь, определяемый темой исследования, ведет к поставленной цели.

Неудачный, непродуманный выбор темы исследования обрекает исследование на ложный или малоперспективный путь, который может привести к частному результату, но не даст комплексного решения проблемы. Однако решение проблемы не ограничивается усилиями одного исследователя или группы исследователей, работающих в рамках данной темы. Поиск решения проблемы ведут и другие ученые, которые выделяют другой аспект проблемы, формулируют другую тему исследования, используют иные подходы, опираются на другие идеи. Одновременное развитие нескольких направлений исследования по решению одной и той же проблемы в рамках разных тем обеспечивает эффективность познавательной

деятельности, даже при наличии ошибочности какого-либо из этих направлений [3].

***Этап «Теоретические исследования»***

Этап «Теоретические исследования» проводят с целью получения достаточных теоретических результатов исследований для решения поставленных перед НИ задач.

При проведении теоретических исследований должен быть обоснован выбор (подход к разработке) моделей, методов, программ и (или) алгоритмов, позволяющие увеличить объем знаний для более глубокого понимания и путей применения новых явлений, механизмов или закономерностей.

Основной этап включает в себя проведение теоретических и эмпирических исследований, направленных на решение проблемы. Он определяет самые разнообразные виды деятельности, зависящие от специфики самого исследования и области науки, в рамках которой это исследование проводится. Это может быть работа с литературой, нормативными и архивными материалами, сбор и обработка статистической информации, проведение теоретических исследований с моделированием объекта, проведение экспериментов и полевых исследований, участие в экспедициях и конференциях и т.д. [3].

Нередко научное исследование отождествляют с научным поиском. Под поиском в науке понимают процесс открытия новых законов, способов объяснения явлений, нахождение доказательств теорем в математике и некоторые другие виды деятельности – как экспериментальной, так и теоретической. Наиболее важным моментом научного поиска выступает генерирование новых идей, с помощью которых исследователь стремится достичь поставленной цели, решить научные задачи.

Если подготовительный этап научного исследования связан с выдвижением гипотезы, то содержание исследовательского этапа направлено на обоснование гипотез, на их теоретическую и эмпирическую проработку и проверку. Гипотеза в этой ситуации выступает формой развивающегося познания. Ее суть не исчерпывается суждением-предположением. В процессе обоснования и развития догадки-предположения осуществляется дальнейший процесс познания объекта, выявление его существенных свойств, открытие закономерностей его функционирования, установления связи полученного и имеющегося знания, предсказание новых фактов и т. д. Это все позволяет рассматривать гипотезу в качестве своеобразной исследовательской программы.

***Этап «Экспериментальные исследования»***

Этап «Экспериментальные исследования» проводят с целью получения достоверных экспериментальных результатов исследований для решения поставленных перед НИ задач. Иными словами, целью экспериментальных исследований является выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости теоретических исследований и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования [1].

Проводится систематизация и предварительная оценка полученных результатов и др.

***Этап «Обобщение и оценка результатов исследований»***

Этап «Обобщение и оценка результатов исследований» проводят с целью подведения итогов и обобщения результатов научно-технических исследований, выпуска обобщенной отчетной научно-технической документации по НИ оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем (в том числе оценки создания конкурентоспособной продукции).

Любой научный результат должен стать известным в научной среде посредством опубликования статей, монографий, написания диссертаций и научных отчетов. Так, при проведении исследований в рамках научных грантов ученый обязан представить отчет, содержащий определенный комплект документов и оформленный в соответствие с требованиями грантообразующей организации (научного фонда). В частности, ГНФ, предоставляющий гранты, требует отчеты, структура которых зависит от вида конкурса. Например, годовые отчеты по индивидуальным и коллективным научно-исследовательским проектам (так называемый конкурс «а»), включают следующие формы: титульный лист, содержащий общую информацию по исследованию; отчет по научно-исследовательскому проекту (основная форма), включающий содержание фактически проделанной за год работы, краткую аннотацию полученных результатов, а также ряд количественных показателей результативности проведенного исследования количество опубликованных и подготовленных к печати работ, количество экспертных заключений по теме исследования, количество привлеченных к проекту студентов, аспирантов и иностранных ученых и т. д.; данные о руководителе и основных исполнителях проекта, содержащие сведения об их квалификации, публикациях, научных интересах и контактах; финансовый отчет, содержащий информацию о плановом объеме финансирования исследования и фактических расходах в отчетном периоде (заработная плата, транспортные и коммунальные услуги, аренда, расходы на организацию и проведение работ и мероприятий в рамках текущей деятельности и т.д.); библиографический список публикаций по итогам года с приложением одного экземпляра оттисков или ксерокопий опубликованных статей, книг, распечатки электронных публикаций, ксерокопий опубликованных тезисов докладов, принятых к печати рукописей статей; заявка и смета расходов на следующий год (для продолжающихся проектов), включающие план будущей работы и ожидаемые конкретные научные результаты, а также предполагаемые объемы финансирования; итоговый научный отчет по проекту (для завершившихся проектов), включающий содержание фактически проделанной работы (по годам), полученные результаты за предыдущие годы и отчетный год, основные итоги, а также количественные показатели исследования за весь период.

Таким образом, любое научное исследование включает три этапа (подготовительный, исследовательский и заключительный), каждый из которых может быть детализирован посредством конкретизации этих этапов и выделения состава работ по данному исследованию [3].

1.2 Вопрос 2. Что такое метод «мозгового штурма»

 «Мозговой штурм» (англ. brainstorming) — один из наиболее популярных методов стимулирования творческой активности. Позволяет найти решение сложных проблем путем применения специальных правил обсуждения. Широко используется во многих организациях для поиска нетрадиционных решений самых разнообразных задач [8].

Метод мозгового штурма был разработан Алексом Осборном в 1953 году. Метод основан на допущении, что одним из основных препятствий для рождения новых идей является «боязнь оценки»: люди часто не высказывают вслух интересные неординарные идеи из-за опасения встретиться со скептическим либо даже враждебным к ним отношением со стороны руководителей и коллег. Целью его применения является исключение оценочного компонента на начальных стадиях создания идей.

Классическая техника мозгового штурма, предложенная Осборном, основывается на двух основных принципах — «отсрочка вынесения приговора идее» и «из количества рождается качество». Этот подход предполагает применение нескольких правил.

Критика исключается: на стадии генерации идей высказывание любой критики в адрес авторов идей (как своих, так и чужих) не допускается. Работающие в интерактивных группах должны быть свободны от опасений, что их будут оценивать по предлагаемым ими идеям.

Приветствуется свободный полет фантазии: люди должны попытаться максимально раскрепостить свое воображение. Разрешено высказывать любые, даже самые абсурдные или фантастические идеи. Не существует идей настолько несуразных либо непрактичных, чтобы их нельзя было высказать вслух.

Идей должно быть много: каждого участника сессии просят представить максимально возможное количество идей.

Комбинирование и совершенствование предложенных идей: на следующем этапе участников просят развивать идеи, предложенные другими, например комбинируя элементы двух или трех предложенных идей.

На завершающем этапе производится отбор лучшего решения, исходя из экспертных оценок.

Были проведены многочисленные экспериментальные исследования, с целью сравнения количества и качества идей, созданных группами в процессе мозгового штурма и людьми, работающими индивидуально. Результаты свидетельствуют о том, что при условии правильного применения данной техники интерактивные группы нередко генерируют большее количество значимых идей, чем отдельные индивиды. Однако на сегодняшний день не существует доказательств в пользу более высокого качества идей, генерируемых группами.

В последние годы широкое распространение получил «электронный мозговой штурм» (online brainstorming), использующий интернет-технологии. Он позволяет позволяет почти полностью устранить «боязнь оценки», т.к. обеспечивает анонимность участников в сети, а также дает возможность решить ряд проблем традиционного мозгового штурма. К последним, в частности, относится т.н. «блокирование продуктивности»: поскольку участники группы представляют идеи поочередно, то люди в ожидании своей очереди могут передумать или испугаться публично высказывать свою идею, либо просто ее забывают [4].

Мозговой штурм дает возможность объединить в процессе поиска решений очень разных людей; а если группе удается найти решение, то ее участники обычно становятся стойкими приверженцами его реализации. В настоящее время данный метод может быть эффективно использован организациями для улучшения качества работы в командах.

1.3 Вопрос 3. Интервальные оценки, доверительные интервал и вероятность.

В ряде задач требуется не только найти для оцениваемого параметра $θ$ числовое значение, но оценить его точность и надежность. Такого рода задачи очень важны  при малом числе наблюдений, так как конечная оценка $θ\_{n}^{\*}$ в значительной мере является случайной и приближенная замена $θ$ на $θ\_{n}^{\*}$ может привести к серьезным ошибкам [6].

Задачу интервального оценивания в самом общем виде можно сформулировать так: по данным выборки построить числовой  интервал, относительно которого с заранее выбранной вероятностью можно сказать, что этот интервал покроет (накроет) оцениваемый параметр.

Для определения точности оценки $θ\_{n}^{\*}$ в математической статистике пользуются доверительными интервалами, а для определения надежности - доверительными вероятностями. Раскроем сущность этих понятий.

***Доверительным интервалом*** для параметра $θ$ называется такой интервал, относительно которого можно с заранее выбранной вероятностью $γ=1-α$ (близкой к единице), утверждать, что он содержит неизвестное значение параметра $θ$. Пусть $θ\_{n}^{\*}$ - несмещенная оценка параметра *θ*. Требуется оценить возможную при этом ошибку. По определенным правилам находят такое число $δ>0$, чтобы выполнялось соотношение:

$P\left(\left|θ\_{n}^{\*}-θ\right|<δ\right)=γ$ (1.3.1)

или

 $P\left(θ\_{min}<θ<θ\_{max}\right)=γ$*.* (1.3.2)

Равенство означает,  что интервал [$θ\_{min};θ\_{max}$], где $θ\_{min}$= $θ\_{n}^{\*}-δ$, а $θ\_{max}$= $θ\_{n}^{\*}+δ$, заключает в себе оцениваемый параметр с вероятностью $γ$.

$γ$ называют ***доверительной вероятностью*** или ***надежностью*** интервальной оценки, а значение $α$ - ***уровнем значимости***. Нижняя и верхняя граница доверительного интервала $θ\_{1}$ и $θ\_{2}$ определяются по результатам наблюдений, следовательно, сам доверительный интервал является случайной величиной. В связи с этим говорят, что доверительный интервал покрывает оцениваемый параметр с вероятностью $γ$. Выбор $γ$ определяется конкретными условиями решаемой задачи. Надежность принято выбирать равной 0,95; 0,99; 0,999 – тогда событие, состоящее в том, что интервал [$θ\_{min};θ\_{max}$], покрывает параметр $θ$ будет практически достоверным.

Интервальная оценка математического ожидания при известной дисперсии

Пусть случайная величина $X\in N(μ;σ^{2})$ распределена по нормальному закону, причем математическое ожидание $μ$ неизвестно, а дисперсия $σ^{2}$ известна. Требуется оценить неизвестное математическое ожидание. По наблюдениям найдем точечную оценку $\overbar{x}$ математического ожидания. Зададимся вероятностью $γ$ и найдем такое число $δ$, чтобы выполнялось соотношение:

 $P\left(\overbar{x}-δ<μ<\overbar{x}+δ\right)=γ$*.* (1.3.3)

Доказано, что построение доверительного интервала в этом случае осуществляется по формуле [7]:

$ P\left(\overbar{x}-t\_{γ}\frac{σ}{\sqrt{n}}<μ<\overbar{x}+t\_{γ}\frac{σ}{\sqrt{n}}\right)=2Ф\left(t\_{γ}\right)=γ$*,* (1.3.4)

где $t\_{γ}$ – значение стандартной нормальной величины, соответствующее надежности $Ф\left(t\_{γ}\right)=γ/2$, а $Ф\left(t\right)$ – функция Лапласа (см. таблицу Приложения 2). Очевидно, что увеличение надежности $γ$ приводит к увеличению функции $Ф\left(t\right)$ и соответственно увеличению параметра t, что в свою очередь увеличивает величину $δ$. То есть *увеличение надежности оценки ведет к снижению ее точности* (увеличению погрешности).

При этом точность оценки математического ожидания равна:

$δ=t\_{γ}\frac{σ}{\sqrt{n}}$ .(1.3.5)

Очевидно, что с увеличением объема выборки *n* величина погрешности $δ $уменьшается, т.е. точность оценки повышается. Эта формула позволяет определить необходимый объем выборки для оценки математического ожидания с наперед заданной точностью и надежностью:

$n\_{min}\geq \frac{t^{2}σ^{2}}{δ^{2}}$ .(1.3.6)

Интервальная оценка математического ожидания при неизвестной дисперсии

Пусть случайная величина $X\in N(μ;σ^{2})$ распределена по нормальному закону, причем математическое ожидание $μ$ и дисперсия неизвестны. Требуется оценить неизвестное математическое ожидание. По наблюдениям найдем точечные оценки $\overbar{x}$ и *S* математического ожидания $μ$ и дисперсии$σ^{2}$*.* Зададимся вероятностью $γ$ и найдем такое число $δ$, чтобы выполнялось соотношение:

$P\left(\overbar{x}-δ<μ<\overbar{x}+δ\right)=γ$*.* (1.3.7)

Доказано, что построение доверительного интервала в этом случае осуществляется по формуле:

$P\left(\overbar{x}-t\_{γ\_{t}}\frac{S}{\sqrt{n-1}}<μ<\overbar{x}+t\_{γ\_{t}}\frac{S}{\sqrt{n-1}}\right)=γ$*,* (1.3.8)

где $t\_{α}$ – значение функции распределения Стьюдента (*t*-распределения), соответствующее степеням свободы $k=n-1$ и надежности $γ$.

При этом точность оценки математического ожидания равна:

$δ=t\_{γ\_{t}}\frac{S}{\sqrt{n-1}}$ .(1.3.9)

Интервальная оценка среднего квадратичного отклонения и дисперсии

Пусть случайная величина $X\in N(μ;σ^{2})$ распределена по нормальному закону, причем математическое ожидание $μ$ и дисперсия неизвестны. Требуется оценить неизвестное среднее квадратичное отклонение, используя его точечную оценку *S*, найденную по выборке*.* Зададимся вероятностью $γ$ и найдем такое число $δ$, чтобы выполнялось соотношение:

$P\left(S-δ<σ<S+δ\right)=γ $(при$δ<S$)*.* (1.3.10)

Поскольку дисперсия и среднее квадратичное отклонение всегда положительны, то в общем случае приведенное соотношение уточняется:

$P\left(max\left\{0;(\right.\left.S-δ)\right\}<σ<S+δ\right)=γ .$(1.3.11)

Можно доказать, что построение доверительного интервала в этом случае для среднего квадратичного отклонения осуществляется по формуле:

$P\left(max\left\{0;\right.\left.S(1-q)\right\}<σ<S(1+q\right))=γ$*,* (1.3.12)

где *q* – значение функции распределения Пирсона (𝜒2-распределения), соответствующее степеням свободы $k=n-1$ и надежности $γ$.

При этом точность оценки среднего квадратичного отклонения равна: $δ=Sq$.

 Зададимся вероятностью $γ$ и найдем границы, чтобы выполнялось соотношение:

$P\left(p\_{min}<p<p\_{max}\right)=γ$*.* (1.3.13)

Можно доказать, что построение доверительного интервала для вероятности в этом случае (при больших значениях *n*$>>100$) осуществляется по формуле:

$P\left(w-t\_{γ}\sqrt{\frac{w(1-w)}{n}}<p<w+t\_{γ}\sqrt{\frac{w(1-w)}{n}}\right)=2Ф\left(t\_{γ}\right)=γ$,(1.3.14)

где $t\_{γ}$ – значение стандартной нормальной величины, соответствующее надежности $Ф\left(t\_{γ}\right)=γ/2$, а $Ф\left(t\right)$ – функция Лапласа.

 При этом точность оценки вероятности равна:

$δ=t\_{γ}\sqrt{\frac{w(1-w)}{n}}$.(1.3.15)

1.4 Вопрос 4. Метод прогонки решения матричных уравнений и его реализация на компьютере

Метод правой прогонки используется для решения систем лине йных уравнений (СЛУ) с трёхдиагональными матрицами. Он представляет собой модификацию метода Гаусса. Трёхдиагональная матрица – это матрица, на главной диагонали которой находятся лишь элементы отличные от нуля, а остальные должны быть равны нулю [1].

                                                      (1.4.1)

Рассмотрим СЛУ 5 порядка. Отличные от нуля коэффициенты, стоящие на главной диагонали, обозначены  буквой С со знаком минус, а коэффициенты, стоящие на двух соседних диагоналях,  обозначены буквами  А и В соответственно  [3]. Достоинством данного способа является значительная экономия памяти ЭВМ, так как она не тратится на бесполезные нули. Для того, чтобы при решении различных других задач матрицы системы имели одинаковый вид, необходимо перед коэффициентами С и правыми частями F поставить знак минус.

Используя описанную систему обозначений, запишем произвольную систему с трёхдиагональной матрицей (М-1)-го порядка в общем виде:

                                  (1.4.2)

При М=6 системы (1.4.1) и (1.4.2)  эквивалентны. После использования процедуры прямого хода метода Гаусса к решению системы (1.4.2), получится система, матрица которой будет иметь две диагонали: главную и правую. Для того чтобы получить систему с двухдиагональной матрицей, на главной диагонали которой стоят единицы, необходимо каждое уравнение преобразованной системы разделить на диагональный элемент, стоящий в этой строке.  Система будет выглядеть следующим образом (при M=6):

                                                      (1.4.3)

А рекуррентные формулы обратного хода метода Гаусса примут вид

                     (1.4.4)

причём

 .                                           (1.4.5)

Для определения коэффициентов  и  необходимо заменить в равенстве (4) величину m на m-1:

                                        (1.4.6)

и  подставить  в (1.4.2):



В результате получим:



После сравнения формул с (1.4.4), получим:

 ,

                                            (1.4.7)



Вводятся фиктивные величины     и  .

Пусть  ,                           (1.4.8)

тогда формулы неизвестных коэффициентов  и  при всех допустимых значениях m можно будет записать одинаково:

                              (1.4.9)

Формулы (1.4.8) - (1.4.9) дают возможность вычислить все неизвестные коэффициенты  и . Чтобы получить решения системы (1.4.2) используем рекуррентную формулу (1.4.4), но сначала необходимо знать значение . Так как   (так как  ), значение  можно выбрать любое, например,

                                        (1.4.10)

После проделанных действий получим алгоритм решения системы (1.4.2).

Сначала по формулам (1.4.9) с начальными условиями (1.4.8) получаются значения .  Затем по формуле (1.4.4) с начальным условием (1.4.10) получается решение системы:

.

В процессе вычисления  величин  и  по формулам (1.4.9) происходит деление на величины, которые могут обращаться в ноль [3]. В данном случае этот метод не применим. Следовательно, важно знать и заранее проверять условия, при которых можно использовать метод прогонки. Достаточные условия применимости метода прогонки представлены в виде следующей теоремы [8].

Теорема 1. Если

, ,  , ,

, , , ,

то  для  следовательно данный метод можно использовать [3].

Описанный выше метод прогонки  реализован в виде программы, часть кода которой представлена ниже [8]:

eps[0]=-A[0][1]/A[0][0];

et[0]=B[0]/A[0][0];

for(i=1;i<n;i++){

    z=A[i][i]+A[i][i-1]\*eps[i-1];

    eps[i]=-A[i][i+1]/z;

    et[i]=(B[i]-A[i][i-1]\*et[i-1])/z;}

X[n]=(B[n]-A[n][n-1]\*et[n-1])/(A[n][n]+A[n][n-1]\*eps[n-1]);

for(i=n-1;i>=0;i--)

    X[i]=eps[i]\*X[i+1]+et[i];

  for(int j=0;j<aj;j++){

 dataGridView3->Rows[j]->Cells[0]->Value=X[j]; } }

Программа предназначена для решения систем линейных уравнений методом прогонки и составлена для матриц различного порядка путем добавления и удаления столбцов на форме (рис.1.4.1). При нажатии на кнопку “Добавить столбец”, программа автоматически добавляет новый столбец в таблицу А, а при нажатии кнопки “Удалить столбец” программа, соответственно, удаляет его.

На форме (рис. 1.4.1) помимо вышеназванных текстовых полей имеется также поле “Найти Х”. Данное текстовое поле предназначено для нахождения значений столбца Х. Процедура ввода осуществляется следующим образом: наводится курсор на поля и вводятся соответствующие значения. Затем нажимается кнопка “Найти Х”, и  в полях столбца Х появляются значения вектора  [9].

Для того чтобы начать работу с программой, представленной на рисунке (рис. 1.4.1), следует запустить программу, далее в поля таблицы А ввести элементы матрицы.  Благодаря встроенным кнопкам мы можем изменять количество столбцов таблицы. В поля, предназначенные для В, вводятся значения элементов вектора b. Далее нажимается кнопка “Найти Х”.



**Рисунок 1.4.1-Интерфейс программы «Метод прогонки»**

В результате в столбце Х появятся значения решения системы (рис.1.4.2.).



**Рисунок 1.4.2-Выполнение программы «Метод прогонки»**

Следует обратить особое внимание на случай, когда происходит деление на 0. Тогда программа выдаст следующее сообщение (рис.1.4.3).



**Рисунок 1.4.3-Сообщение об ошибке программы «Метод прогонки»**

Программа производит вычисления по методу прогонки и выводит значения в поля, предназначенные для вывода найденных неизвестных ранее значений вектора .

Результаты работы программы приведены на рисунке (рис. 1.4.2.).

Чтобы полностью убедиться в том, что программа работает исправно, протестируем ее ещё на одном примере, когда происходит деление на 0. В программу задаются значения матрицы. После ввода матрицы А в поля, предназначенные для В, вводятся произвольные значения элементов вектора b. Далее нажимается кнопка “Найти Х” [9].



**Рисунок 1.4.2- Выполнение программы «Метод прогонки» при делении на 0**

В результате в столбце Х не появятся значения решения системы, а на экран выведется сообщение об ошибке (рис.1.4.3).

2.1 Задания по практическому курсу

2.1.1 Повышение износостойкости кулачков распределительного вала Провести информационный поиск в соответствии с индивидуальным вариантом задания по теме учебной исследовательской работы из представленного перечня, составить литературный обзор, провести аналитическую обработку научно-технический информации.

Тема информационного поиска: «Повышение износостойкости кулачков распределительного вала».

Решение.

Таблица 2.1- Анализ источников информационного поиска

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование источника НТИ | Краткое содержание | Основные выводы |
| 1 | Автомобильные двигатели. Под ред. М.С. Ховаха. М.: Машиностроение, 1977. - 591 с. | Дано описание типовых двигателей внутреннего сгорания, их конструкции, условий эксплуатации. Проанализированы причины отказов и поломок. Приведены типовые технологии обработки и восстановления деталей двигателей внутреннего сгорания. | В качестве основы для проведения исследования используется информация об условиях эксплуатации деталей двигателей внутреннего сгорания. Также используется информация об их типовой технологии обработки. |
| 2 | Апсин В.П. Повышение ремонтопригодности автомобилей и их составных частей // МДНТП "Повышение эффективности ремонтного производства". М. 1986.- с. 91-98. | Рассмотрены причины поломок основных наиболее нагруженных узлов автомобилей, в том числе механизма газораспределения.  | Используется информация о причинах износа профилей кулачков распредвала. |
| 3 | Шиповалов, Александр Николаевич. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Шиповалов Александр Николаевич; [Место защиты: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т].- Москва, 2010.- 154 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/3331 | Рассматриваются методы повышения износостойкости покрытия кулачков распредвала, непосредственно связанные с использованием современных способов восстановления деталей и новых материалов. (плазменная наплавка, которая' позволяет использовать порошковые износостойкие наплавочные сплавы, обеспечивающие повышение срока службы деталей). | Получена информация о последствиях износа кулачков распредвала. Информация о способе восстановления поверхности может быть использована также для усовершенствования технологического процесса изготовления распределительного вала двигателя. |
| 4 | Хасанов Рустем Халилович. Повышение эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10.- Оренбург, 2003.- 165 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/2817-3 | Разработан технологический процесс восстановления деталей из коррозионно-стойких сталей плазменно-порошковой наплавкой на постоянном токе обратной полярности на примере деталей сепарационного комплекта. Разработана установка копировального типа, обеспечивающая повышение производительности наплавки на винтовую поверхность в 2.3 раза по сравнению с ранее применявшейся ручной наплавкой. | Данные разработки можно использовать как базовые; путем внедрения в техпроцесс изготовления распредвала и усовершенствования конструкции установки повысить производительность наплавки. |
| 5 | Типовой технологический процесс восстановления распределительных валов двигателей ГАЗ-51, ГАЗ-52-04, 3M3-53, ЗИЛ-130. -М.: Госнити, 1984.- с. 5. | Разработан типовой процесс восстановления распредвалов | Предлагается внести изменения в типовой техпроцесс, с учетом повышенных требований к эксплуатационным показателям кулачка. |
| 6 | Рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин газотермическим напылением. Белгород: БФ ВПКТИ «Россельхозтехпроект», 1985.- 111 с. | Приведены основные рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин газотермическим | Информацию можно использовать при разработке и усовершенствованию техпроцесса изготовления детали распредвал. |
| Продолжение таблицы 2.1 |
| 7 | Астахин В.И. Исследование процесса восстановления поршней из сплавов алюминия тракторных двигателей.: Автореферат дис. на соискание" уч. степени канд. техн. наук. — М., 1982. — 18 с. | Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено введение А1 в состав порошковых наплавочных материалов, содержащих Ni, Fe, Or, В, обеспечивающего повышение твёрдости, металлов на 30.90 единиц по Виккерсу и- повышение износостойкости покрытий, за. счёт образования мелкокристаллической структуры в. наплав ленном металле. | Можно использовать присадку из алюминия в состав напыляемого покрытия кулачка |
| 8 | Карев А.Н. Аналитическое и экспериментальное исследование динамики механизма газораспределения автомобильных двигателей: Диссертация на соиск. уч. ст. к. т. н. М. 1972. 156 с. | Получены аналитические зависимости расхода порошкового -материала; от геометрических параметров предложенного автором, питателя, которые адекватно описывают процесс дозирования порошка, и позволяют использовать их в расчётах расходных характеристик питателя для наплавки кулачков распределительного вала. | Для оптимизации управления процессами нанесения износостойких покрытий использовать предложенную автором конструкцию. |
| 9 | Кувшинский А.Г. Определение состояния и прогнозирование периодичности проведения ТО и Р технологического оборудования: Дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н. Уральский электромеханический институт железнодорожного транспорта. 1984. | Приведена методика усовершенствования организации проведения ТО и Р технологического оборудования. | В целях экономии средств при разработке нового, более прогрессивного техпроцесса изготовления детали можно использовать основные рекомендации |
| 10 | Заявка 61 84328 Япония, МКИ4 С 21 Д 9/00. Устройство для наплавки кулачкового вала / Фудзии Тацуси, Ино Акитика, Такахаси Аки, Кисино Кунио: Хонда гикэн когё к. к. (Япония). - № 59 - 202472; Заявл. 27.09.84; Опубл. 28.04.86. | Разработано спецустройство для наплавки кулачкового вала | Можно применить для прогрессивного техпроцесса изготовления распредвала |
| 11 | Патент № 4652724 США, МКИ4 В 23 К 26/00. Способ обработки кулачкового вала / Акиоси Марита, Хидсо Ноноама, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 06.05.85; Опубл. 24.03.87. | Разработан и запатентован способ обработки кулачкового вала | Можно применить для прогрессивного техпроцесса изготовления распредвала |
| 12 | Патент № 4658111 США, МКИ4 В 23 К 9/12. Способ поверхностного упрочнения кулачков распределительного вала / Соуа Такачи, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 22.08.84; Опубл. 14.04.87. | Разработан и запатентован способ поверхностного упрочнения кулачков распределительного вала путем использования индуктора и тока высокой частоты  | Можно использовать наработки при обработке распредвалов на станках универсальной группы  |
| Продолжение таблицы 2.1 |
| 13 | Анализ материалов и технологий упрочнения распредвалов двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей / Д.Н.Пермяков //Научно-методический журнал «Наука, техника и образование» -2016. - №7 (25) - С. 58-61.  | Выполнен анализ в области используемых материалов и технологий упрочнения распредвалов ДВС грузовых автомобилей. Предложены эффективные методы и материалы для получения гладкой, чистой и упрочненной поверхности с плотным поверхностным слоем и обладающие повышенной термической и механической стойкостью. | Можно использовать наработки при обработке распредвалов в условиях массового производства |
| 14 | Индукционная технология восстановления распределительных валов / Кулеш В.В., Сыченко T.MI, Островский М.Е., Пенков В.А. // Техника в сельском хозяйстве. 1986. - № 4. - с. 52 — 53. | Предложена к использованию индукционная технология восстановления распредвалов | Часть технологии, позволяющая упрочнить поверхность кулачков, может быть использована для внедрения в техпроцесс изготовления распредвалов на отечественных предприятиях. |
| 15 | Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. — М.: Машиностроение, 1980.- 120 с. | Приведен анализ различных методов нанесения износостойких сплавов и покрытий на поверхности деталей машин | Можно использовать технологии, позволяющие упрочнить поверхность кулачков |

Распределительный вал (или распредвал) — вал двигателя внутреннего сгорания, управляющий открытием и закрытием клапанов двигателя. Основная деталь газораспределительного механизма (ГРМ), служащего для синхронизации тактов работы двигателя и впуска-выпуска топливной смеси/воздуха и отработанных газов [1].

Механизм газораспределения (МГР) является одним из наиболее нагруженных узлов двигателя. Долговечность его работы в значительной степени определяется износостойкостью деталей, в частности кулачков распределительного вала. Износ профилей кулачков уменьшает средний подъём клапанов, что приводит к уменьшению их время-сечения и увеличению гидравлического сопротивления на впуске и выпуске, смещению фаз газораспределения, а также повышению динамических нагрузок в приводе клапанов [2].

 В процессе работы двигателя износу подвергаются кулачки и опорные шейки распредвалов. Износ кулачков приводит к худшему наполнению цилиндров и очистке цилиндров от продуктов сгорания, к нарушению фаз газораспределения, что вызывает снижение мощности и увеличенный расход топлива. Износ опорных шеек является одной из причин падения давления в системе смазки. Износ вершины кулачка распредвала двигателя  на величину 1,6 мм снижает мощность двигателя на 5…6% [3].

Важным резервом снижения- издержек в промышленном комплексе при производстве продукции является обеспечение высокой надёжности эксплуатируемого оборудования и техники. Поэтому остаются актуальными исследования, направленные на разработку современных технологических процессов восстановления и упрочнения деталей.

При ремонте деталей газораспределительного механизма двигателя внутреннего сгорания определённую сложность представляет восстановление кулачков распределительного вала. Данная деталь испытывает большие силовые в процессе работы и подвергается износу. От качества восстановления рабочих поверхностей распредвала зависит надёжность работы всего двигателя, его экономические и экологические показатели.

Основными источниками, раскрывающими теоретические основы повышения эффективности и снижения трудоёмкости ремонта распределительных валов и других двигателей внутреннего сгорания явились диссертационные работы Шиповалова А. Н., Хасанова Р.Х., Астахина В.И., Вагнера В.Д. и др. В данных источниках подробно рассмотрены проблемные вопросы, приведены результаты исследований, даны рекомендации по совершенствованию технологии изготовления.

В работе Шиповалова А.Н. рассматриваются методы повышения износостойкости покрытия кулачков распредвала, непосредственно связанные с использованием современных способов восстановления деталей и новых материалов. К числу таких способов относится плазменная наплавка, которая позволяет использовать порошковые износостойкие наплавочные сплавы, обеспечивающие повышение срока службы деталей в 2-8 раз [3].

Теоретически обосновано и экспериментально подтверждено введение А1 в состав порошковых наплавочных материалов, содержащих Ni, Fe, Or, В, обеспечивающего повышение твёрдости, металлов на 30.90 единиц по Виккерсу и- повышение износостойкости покрытий, за. счёт образования мелкокристаллической структуры в. наплав ленном металле.

Получены аналитические зависимости расхода порошкового -материала; от геометрических параметров предложенного автором, питателя, которые адекватно описывают процесс дозирования порошка, и позволяют использовать их в расчётах расходных характеристик питателя для наплавки кулачков распределительного вала.

В основе проведенных исследований лежала нормативная отраслевая документация: Типовой технологический процесс восстановления распределительных валов двигателей [5], Рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин газотермическим напылением [6].

Результатом диссертационной работы Хасанова Р.Х. «Повышение эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов» [4] был разработан технологический процесс восстановления деталей из коррозионно-стойких сталей плазменно-порошковой наплавкой на постоянном токе обратной полярности на примере деталей сепарационного комплекта. Разработана установка копировального типа, обеспечивающая повышение производительности наплавки на винтовую поверхность в 2,3 раза по сравнению с ранее применявшейся ручной наплавкой. Технология вместе с установкой принята к внедрению на ремонтном предприятии ЗАО НПО «Техноплазма».

На основе исследований, отраженных в диссертационных работах Астахина В.И., Карева А.Н., Кувшинского А.Г. [7], [8], [9] рассмотрены методы повышения эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов и разработана соответствующая методика по улучшению свойств поверхностей, работающих в условиях постоянных нагрузок. Проблема может быть решена, с одной стороны, путем конструктивно-технологических мероприятий, направленных на повышение надежности узлов машин и их элементов, с другой стороны, разработкой и применением прогрессивных методов и способов технического обслуживания и ремонта, а также на основе использования научно-обоснованной нормативно-технической документации (НТД).

Международный опыт совершенствования технологии изготовления распредвала и восстановления его поверхностей, с учетом улучшения эксплуатационных свойств рассмотрен на основе заявок на изобретения [10], [11]. Совместный опыт ученых Японии и США позволил создать устройство для наплавки кулачкового вала и разработать прогрессивный способ обработки кулачкового вала, запатентовать эффективный способ поверхностного упрочнения кулачков распределительного вала [12].

В статье Пермякова Д.Н. [13] выполнен анализ в области используемых материалов и технологий упрочнения распредвалов ДВС грузовых автомобилей. Предложены эффективные методы и материалы для получения гладкой, чистой и упрочненной поверхности с плотным поверхностным слоем и обладающие повышенной термической и механической стойкостью. Свойства плазменного покрытия могут быть значительно повышены, если после нанесения покрытия оплавить его плазменной струёй, ацетилено-кислородным пламенем или токами высокой частоты. Износостойкость таких покрытий при напылении сплавом ПГ-ХН80СРЗ превышает износостойкость стали 45, закаленной до твердости HRC 54-58, в 2-3 раза. Прочность сцепления покрытия, нанесенного на сталь, после оплавления повышается в 8—10 раз и равна 400—450 МПа. Плазменная металлизация с оплавлением покрытия может быть применена для восстановления деталей, работающих со знакопеременными нагрузками.

Отечественный опыт создания технологии изготовления распределительных валов с повышенными эксплуатационными свойствами кулачков реализовано путем индукционной технологии, что отражено в статье Кулеша В.В. [14].

Различные методы нанесения износостойких сплавов и покрытий на поверхности деталей машин приведены в книге Войнова Б.А. «Износостойкие сплавы и покрытия» [15].

На основе метериалов международных научно-технической конференции «Научные проблемы развития ремонта, технического обслуживания машин, восстановления и упрочнения деталей» (Москва, ГНУ ГОСНИТИ, 2009 г.), международной практической конференции-выставки «Технология ремонта, восстановления, упрочнения и обновления машин, механизмов, оборудования и металлоконструкций» (Санкт-Петербург, 2003г.) проанализирована возможность введения А1 в состав порошковых наплавочных материалов; содержащих Ni, Bе, Сг, В; обеспечивающего повышение твёрдости металлов и повышение износостойкости покрытий за счёт образования мелкокристаллической структуры вшаплавленном металле и обоснования использования параметров копировального устройства во взаимосвязи с геометрическими параметрами защитного сопла, плазмотрона и геометрией профиля кулачка распределительного вала.

Таким образом, для разработки рекомендаций по совершенствованию методов повышения износостойкости кулачков распределительного вала использован отечественный и зарубежный опыт внедрения прогрессивных методов обработки распредвалов, реализации эффективных технологических мероприятий, направленных на повышение надежности поверхностей кулачков распредвалов.

2.1.2 Список литературных источников

1 Автомобильные двигатели. Под ред. М.С. Ховаха. М.: Машиностроение, 1977. - 591 с.

2 Апсин В.П. Повышение ремонтопригодности автомобилей и их составных частей // МДНТП "Повышение эффективности ремонтного производства". М. 1986. С. 91 98.

3 Шиповалов, Александр Николаевич. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Шиповалов Александр Николаевич; [Место защиты: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т].- Москва, 2010.- 154 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/3331

4 Хасанов Рустем Халилович. Повышение эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10.- Оренбург, 2003.- 165 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/2817-3

5 Типовой технологический процесс восстановления распределительных валов двигателей ГАЗ-51, ГАЗ-52-04, 3M3-53, ЗИЛ-130. -М.: Госнити, 1984.- с. 5.

6 Рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин газотермическим напылением. Белгород: БФ ВПКТИ «Россельхозтехпроект», 1985.- 111 с.

7 Астахин В.И. Исследование процесса восстановления поршней из сплавов алюминия тракторных двигателей.: Автореферат дис. на соискание" уч. степени канд. техн. наук. — М., 1982. — 18 с.

8 Карев А.Н. Аналитическое и экспериментальное исследование динамики механизма газораспределения автомобильных двигателей: Диссертация на соиск. уч. ст. к. т. н. М. 1972. 156 с.

9 Кувшинский А.Г. Определение состояния и прогнозирование периодичности проведения ТО и Р технологического оборудования: Дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н. Уральский электромеханический институт железнодорожного транспорта. 1984.

10 Заявка 61 84328 Япония, МКИ4 С 21 Д 9/00. Устройство для наплавки кулачкового вала / Фудзии Тацуси, Ино Акитика, Такахаси Аки, Кисино Кунио: Хонда гикэн когё к. к. (Япония). - № 59 - 202472; Заявл. 27.09.84; Опубл. 28.04.86.

11 Патент № 4652724 США, МКИ4 В 23 К 26/00. Способ обработки кулачкового вала / Акиоси Марита, Хидсо Ноноама, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 06.05.85; Опубл. 24.03.87.

12 Патент № 4658111 США, МКИ4 В 23 К 9/12. Способ поверхностного упрочнения кулачков распределительного вала / Соуа Такачи, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 22.08.84; Опубл. 14.04.87.

13 Пермяков Д.Н. Анализ материалов и технологий упрочнения распредвалов двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей / Д.Н.Пермяков //Научно-методический журнал «Наука, техника и образование» -2016. - №7 (25) - С. 58-61.

14 Индукционная технология восстановления распределительных валов / Кулеш В.В., Сыченко T.MI, Островский М.Е., Пенков В.А. // Техника в сельском хозяйстве. 1986. - № 4. - с. 52 — 53.

15 Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. — М.: Машиностроение, 1980. 120 с.

2.1.2 Построить план эксперимента при проведении исследования работы «Повышение износостойкости кулачков распределительного вала»

Исходные данные.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Количество факторов | Члены уравнения со смешанными произведениями факторов | Дробность реплики ядра | Факторы со звездными точками | Количество опытов в центре плана |
| 11 | 9 | *Х1∙Х3, Х1∙Х4, Х1∙Х5, Х2∙Х3* | 5 | *Х2, Х4* | 7 |

Решение.

Определяем, какой параметр (функцию) кулачков будем изучать.

*Откликом (функцией)* называется множество наблюдаемой случайной переменной величины, по предположению зависящей от факторов.

На основании литературного обзора, учитывая собственное субъективное мнение исследователя, выбираем исследуемый параметр кулачков (функцию *f*(*x*)), который определяет их износ, например: *f(x)* – интенсивность изменения радиуса кулачка (мкм/сутки). Сразу предполагаем то, каким образом будем оценивать или измерять данный параметр, очевидно, что измерить износ можно микрометром (мм), а время измерять хронометром.

*Фактор –* это переменная величина, по предположению влияющая на результаты эксперимента – функцию (отклик).

Функция: *f(x)* = *f(x*1 … *x*9) – интенсивность износа кулачка, (мм/сутки).

*x*1 – сила воздействия кулачка на шток клапана, измеряемая динамометром, Н;

*x*2 – угол взаимодействия кулачка с коромыслом (от момента начала контакта деталей до выхода из контакта), измеряемое на стенде, град;

*x*3 – температура кулачка, измеряемая пирометром или термопарой, ˚С.

*x*4 – радиус скругления кулачка, измеряемый шаблоном, мм;

*x*5 – высота кулачка, измеряемая штангенциркулем, мм;

*x*6 – влажность в рабочей зоне, измеряемое гигрометром, %,

*x*7 – твердость поверхности кулачка, измеряемая твердомером, HRC;

*x*8 – твердость поверхности коромысла, HRC;

*x*9 – частота вращения распредвала, измеряемая тахоскопом, мм/мин.

5) Вычислить количество опытов в ядре плана по формуле (2.2.1).

Число опытов в ядре плана

 (2.2.1)

где k- количество факторов;

p- величина дробности реплики ядра.



6) Вычислить избыточность плана по формуле (2.2.3)

 (2.2.3)

Избыточность: И = 16 – (9+1) = 8.

7) Вычислить значения звездных точек по формуле (2.2.4)

 (2.2.4)

Звездное плечо: α = 2(9-5)/4 =2,0.

8) Определить общее количество опытов.

Общее количество опытов в звездных точках

Nзв.т. = 2k; (2.2.5)

Nзв.т = 18.

Суммарное количество опытов N∑ = 16 + 18 + 7 = 41.

9) Построить план эксперимента в безразмерном виде, используя правило построения для ДФП.

 Ядро плана эксперимента 2-го порядка:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Х1 | Х2 | Х3 | Х4 | Х5= | Х6= *Х1∙Х3*  | Х7= *Х1∙Х4*  | Х8= *Х1∙Х5*  | Х9= *Х2∙Х3* | У |
| 1 | - | - | - | - | - | + | + | - | + | У1 |
| 2 | + | - | - | - | + | - | + | + | + | У2 |
| 3 | - | + | - | - | - | + | + | - | - | У3 |
| 4 | + | + | - | - | + | - | - | + | - | У4 |
| 5 | - | - | + | - | - | - | + | - | - | У5 |
| 6 | + | - | + | - | + | + | - | + | - | У6 |
| 7 | - | + | + | - | - | - | + | - | + | У7 |
| 8 | + | + | + | - | + | + | - | + | + | У8 |
| 9 | - | - | - | + | - | + | - | - | + | У9 |
| 10 | + | - | - | + | + | - | + | + | + | У10 |
| 11 | - | + | - | + | - | + | - | - | - | У11 |
| 12 | + | + | - | + | + | - | + | + | - | У12 |
| 13 | - | - | + | + | - | - | - | - | - | У13 |
| 14 | + | - | + | + | + | + | + | + | - | У14 |
| 15 | - | + | + | + | - | - | - | - | + | У15 |
| 16 | + | + | + | + | + | + | + | + | + | У16 |

Опыты в звездных точках и в центре плана эксперимента 2-го порядка

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Х1 | Х2 | Х3 | Х4 | Х5= | Х6= *Х1∙Х3*  | Х7= *Х1∙Х4*  | Х8= *Х1∙Х5*  | Х9= *Х2∙Х3* | У |
| 17 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У17 |
| 18 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У18 |
| 19 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У19 |
| 20 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У20 |
| 21 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У21 |
| 22 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У22 |
| 23 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У23 |
| 24 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У24 |
| 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | У25 |
| 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | 0 | У26 |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | У27 |
| 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | 0 | У28 |
| 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | У29 |
| 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | 0 | У30 |
| 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | У31 |
| 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | 0 | У32 |
| 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | У33 |
| 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2 | У34 |
| 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У35 |
| 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У36 |
| 37 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У37 |
| 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У38 |
| 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У39 |
| 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У40 |
| 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | У41 |

Вывод: полученный план эксперимента является дробным факторным планом (ДФП) второго порядка (план, который позволяет построить уравнение регрессии 2-го порядка и который включает в себя план 1-го порядка (ядро), а также опыты в звездных точках и в центре плана). План реализует часть (дробную реплику) полного факторного плана.

ДФП используют в качестве плана 1-го порядка для уменьшения количества опытов при большом количестве факторов (к > 5). ДФП позволяет получить приближение искомой функциональной зависимости Y=f(X1, …, Xn) в некоторой небольшой окрестности точки базового режима при минимуме опытов.

Список литературных источников

Основная литература

1 Кожухар, В. М. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : Учебное пособие / В. М. Кожухар. – М. : Дашков и К, 2013. – 216 с. – ЭБС «Знаниум». Точка доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=415587.

2 Коваленко, Н. А. Научные исследования и решение инженерных задач в сфере автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : доп. мин. образо-вания респ. Беларусь в качестве учеб. пособия / Н. А. Коваленко. – М. : НИЦ ИНФРА-М ; Мн. : Нов. знание, 2013. – 271с. – ЭБС «Знаниум». Точка доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=376336.

3 Кадырметов, А. М. Основы научных исследований [Текст] : Текст лекций по дисциплине “Основы научных исследований” для магистрантов по направлению подготовки 190600.68 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» /А. М. Кадырметов, Е. В. Снятков, В. Н. Бухтояров; ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2015. – 284 с.

Дополнительная литература

4 Свиридов, Л. Т. Основы научных исследований [Электронный ресурс] : учебник / Л. Т. Свиридов, А. И. Третьяков. – 2016. – 362 с. – ЭБС ВГЛТУ.

5 Кадырметов А. М. Основы научных исследований»: методическое ука-зание для практических занятий студентов заочного обучения [Электронный ресурс] / А. М. Кадырметов, Д. А. Попов; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ имени Г. Ф. Морозова». – Воронеж, 2016. – 39 с. – ЭБС ВГЛТУ.

6 Оценка надежности машин и оборудования : теория и практика [Элек-тронный ресурс] : доп. УМО высших учеб. заведений РФ по образованию в области материаловедения, технологии материалов и покрытий в качестве учебника/ И. Н. Кравченко, Е. А. Пучин [и др.] ; Под ред. проф. И. Н. Кравченко. – М. : Альфа-М : НИЦ Инфра-М, 2012. – 336 с. – ЭБС «Знаниум». Точка доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=307370.

7 Шустов, М. А. Методические основы инженерно-технического творчества [Электронный ресурс] : Монография / М. А. Шустов. – М. : НИЦ ИНФРА-М, 2015. – 128 с. – ЭБС «Знаниум». Точка доступа: http://znanium.com/bookread2.php?book=520844

8 Информационно-технологическое и программное обеспечение управления проектом [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. О. Вылегжанина. - Электрон. текстовые дан. (4,15 Мб). - Москва ; Берлин : Директ-Медиа, 2015. - 429 с. - Загл. с титул. экрана. - ISBN 978-5-4475-4462-1 : Б. ц.

9 Химич А.В. Программная реализация метода правой прогонки при решении линейных систем уравнений // Молодежный научный форум: электр. сб. ст. по мат. xii междунар. студ. науч.-практ. конф. № 11(12). URL: HTTPS: // NAUCHFORUM.RU /ARCHIVE/MNF\_INTERDISCIPLINARITY/11 (12).PDF

10 Автомобильные двигатели. Под ред. М.С. Ховаха. М.: Машиностроение, 1977. - 591 с.

11 Апсин В.П. Повышение ремонтопригодности автомобилей и их составных частей // МДНТП "Повышение эффективности ремонтного производства". М. 1986. С. 91 98.

12 Шиповалов, Александр Николаевич. Технология восстановления кулачков распределительных валов плазменной наплавкой : диссертация ... кандидата технических наук : 05.20.03 / Шиповалов Александр Николаевич; [Место защиты: Рос. гос. аграр. заоч. ун-т].- Москва, 2010.- 154 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/3331

13 Хасанов Рустем Халилович. Повышение эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10.- Оренбург, 2003.- 165 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/2817-3

14 Типовой технологический процесс восстановления распределительных валов двигателей ГАЗ-51, ГАЗ-52-04, 3M3-53, ЗИЛ-130. -М.: Госнити, 1984.- с. 5.

15 Рекомендации по восстановлению изношенных деталей машин газотермическим напылением. Белгород: БФ ВПКТИ «Россельхозтехпроект», 1985.- 111 с.

16 Астахин В.И. Исследование процесса восстановления поршней из сплавов алюминия тракторных двигателей.: Автореферат дис. на соискание" уч. степени канд. техн. наук. — М., 1982. — 18 с.

17 Хасанов Рустем Халилович. Повышение эксплуатационных свойств распределительных валов автомобильных двигателей на основе конструктивно-технологических методов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.22.10.- Оренбург, 2003.- 165 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/2817-3

18 Карев А.Н. Аналитическое и экспериментальное исследование динамики механизма газораспределения автомобильных двигателей: Диссертация на соиск. уч. ст. к. т. н. М. 1972. 156 с.

19 Кувшинский А.Г. Определение состояния и прогнозирование периодичности проведения ТО и Р технологического оборудования: Дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н. Уральский электромеханический институт железнодорожного транспорта. 1984.

20 Заявка 61 84328 Япония, МКИ4 С 21 Д 9/00. Устройство для наплавки кулачкового вала / Фудзии Тацуси, Ино Акитика, Такахаси Аки, Кисино Кунио: Хонда гикэн когё к. к. (Япония). - № 59 - 202472; Заявл. 27.09.84; Опубл. 28.04.86.

21 Патент № 4652724 США, МКИ4 В 23 К 26/00. Способ обработки кулачкового вала / Акиоси Марита, Хидсо Ноноама, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 06.05.85; Опубл. 24.03.87.

22 Патент № 4658111 США, МКИ4 В 23 К 9/12. Способ поверхностного упрочнения кулачков распределительного вала / Соуа Такачи, Тасихару Фукуизуми: Тоёта (Япония). Заявл. 22.08.84; Опубл. 14.04.87.

23 Пермяков Д.Н. Анализ материалов и технологий упрочнения распредвалов двигателей внутреннего сгорания грузовых автомобилей / Д.Н.Пермяков //Научно-методический журнал «Наука, техника и образование» -2016. - №7 (25) - С. 58-61.

24 Индукционная технология восстановления распределительных валов / Кулеш В.В., Сыченко T.MI, Островский М.Е., Пенков В.А. // Техника в сельском хозяйстве. 1986. - № 4. - с. 52 — 53.

25 Войнов Б.А. Износостойкие сплавы и покрытия. — М.: Машиностроение, 1980. 120 с.

26 Электронный ресурс. Режим доступа: http://aidarp.ru/ %D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8/Materials\_2003\_part\_1\_DVD.pdf

27 Электронный ресурс. Режим доступа: http://aidarp.ru/ %D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/%D0%9F%D1%83%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8/Materials\_2003\_part\_2\_DVD.pdf