

работ. Позволяет экономить расходы на воду и так же расход воды в три раза.

Conclusions.

The use of a washing machine upgrade allows you to increase the productivity of work. It allows you to save water costs and also water consumption by three times.

Список литературы

1. Горностаев В.И. Повышение эффективности эксплуатации парка машин в природообустройстве с помощью информационно- экспертных систем./ Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.01 / Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева. Москва, 2018г.
2. Дидманидзе О.Н., Егоров Р.Н. Основы оптимального проектирования машино-тракторных агрегатов. / Москва, 2017.
3. Кузнецов Ю.А., Коломейченко А.В., Кулаков К.В., Гончаренко В.В. Практикум по экономике и организации технического сервиса./ Учебное пособие Орел, 2013. -300с.
4. Тойгамбаев С.К., Слепцов О.Н. Математическое моделирование испытания топливных насосов низкого давления топливной системы дизеля. В сборнике: ЛОГИСТИКА, ТРАНСПОРТ, ЭКОЛОГИЯ - 2017. Материалы международной научно-практической конференции. 2017. С. 83-94.
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Определение состава подразделений мастерской для хозяйства Костанайской области./

Естественные и технические науки. 2020. № 8 (146). С. 207-212.

6. Тойгамбаев С.К., Соколов О.К. Оптимизация параметров участка ТО и ремонта машино-тракторного парка. / В сборнике: Вестник Международной общественной академии экологической безопасности природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 5-21.

7. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Выбор критериев оптимизации при решении задач по комплектованию парка машин производственных сельскохозяйственных организации. В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 317-322

8. Шмонин В.А., Теловов Н.К., Тойгамбаев С.К. Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с внесением удобрений. Патент на изобретение RU 2500092 С1, 10.12.2013. Заявка № 2012126854/13 от 27.06.2012.

9. Martynova N.B., Bondareva G.I., Toygambaev S.K., Telovov N.K. Machine for carrying out work on deep soiling with the simultaneous application of liquid organic fertilizers. В сборнике: Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 42091.

10. V. Karpuzov, Golinitsky P. V., Cherkasova E., Antonova O. Toygambayev S. K. Development of the knowledge management process at the agro-industrial complex maintenance enterprise./ The materials of the ASEDU-2020 conference are published in the Journal of Physics: Conference Series - Vo-lume 1691. ASEDU 2020. Jour-nal of Physics: Conference Series. 1691 (2020) 012031. IOP Publishing.

doi:10.1088/1742-6596/1691/1/012031. Krasnoyarsk city. 11.20 g.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАЗМЕННОЙ НАПЛАВКИ ПРИ РЕМОНТЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Тойгамбаев С.К.,

к.т.н., профессор кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства, ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А.Тимирязев.

Абенов А.Т.

аспирант кафедры технической эксплуатации технологических машин и оборудования природообустройства.

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день ужесточаются требования к качеству технического обслуживания и ремонта, а также восстановлению изношенных деталей. Также серьезной проблемой является постоянная нехватка запасных частей для ремонтного производства, которая снижает техническую готовность парка машин. Для расширения производства запасных частей целесообразно вторичное использование изношенных деталей, восстанавливаемых в процессе ремонта. Чтобы повысить ресурс восстанавливаемых деталей, необходимо использовать порошковые твердые сплавы. Эффективным механизированным способом нанесения покрытий различной толщины порошковыми твердыми сплавами является плазменная наплавка. Плазменная наплавка характеризуется высокой температурой сжатой дуги (порядка 1000 - 2000°С), концентрированным вводом в изделие теплоты, что обеспечивает повышение производительности процесса наплавки. При плазменной наплавке в струю подаются материалы, которые полностью расплавляются, после чего подаются на наплавляемую деталь, которая нагревается в процессе наплавки. Таким образом, для поддержания машинного парка в постоянной готовности необходимо расширять и совершенствовать эксплуатационную базу существующих ремонтных предприятий. Одним из узких мест является выход из строя в результате интенсивного изнашивания распределительных валов ДВС техники.

Ключевые слова: плазменная наплавка; двигатель; методика; расчет.

Методика исследования: Методика заключается в установлении взаимосвязей характеристик плазменных покрытий и эксплуатационных свойств восстановленных распределительных валов, в частности усталостной прочностью и износостойкостью. Распределительные валы работают в условиях знакопеременных нагрузок. Для их восстановления наиболее рационально применять порошковые твёрдые сплавы. Для большинства кулачков требуется наплавить только верхушку. Однако при

значительных износах кулачки наплавляют по профилю и затем шлифуют под номинальный размер. Наплавку выполняют с помощью копировального устройства, смонтированного на токарном станке. Для плавного регулирования скорости наплавки станок приводится в движение от источника постоянного тока. Плазмотрон предназначен для наплавки износостойких (рис.1), фрикционных и других специальных покрытий на поверхность деталей методом наплавки порошковых материалов.

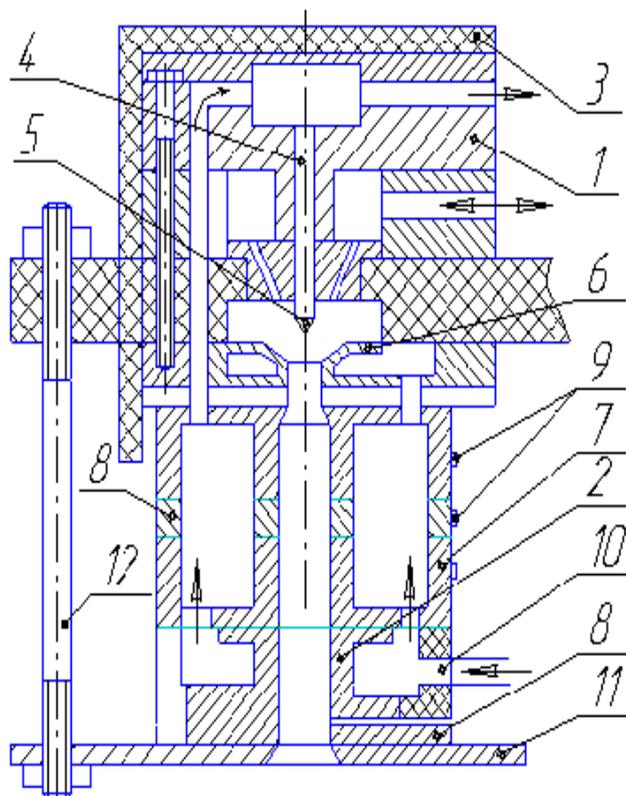


Рис. 1. Схема плазмотрона

1-катодный узел; 2- анодный узел; 3-рукоятка; 4- катод; 5- вольфрамовый электрод; 6- входное сопло; 7- межэлектродная вставка; 8- медный анод; 9- токопровод; 10- водяная трубка; 11- пластина; 12- итильки;

Наплавка деталей производится износостойкими присадочными металлами, отличными по составу и структуре от основного металла. Зона плавления должна быть минимальной и достаточно прочной, способной к релаксации напряжения для уменьшения напряжения и предупреждения трещин. Наплавку изношенных поверхностей при восстановлении деталей осуществляют твёрдыми порошковыми сплавами, обладающими высокой износостойкостью. Однако эти сплавы не обеспечивают в зоне сплавления достаточной прочности из-за образования хрупких прослоек. Поэтому для восстановления деталей, работающих со знакопеременными нагрузками, используется наплавочный материал с меньшим пределом прочности, менее износостойкий, но более пластичный. Выбор высоколегированных порошковых твёрдых сплавов объясняется не

только их высокой износостойкостью, но и особыми свойствами, характерными для дисперсных частиц. Температура плавления их ниже по сравнению с монолитными проволоками, они имеют более высокую удельную поверхность и их добавление к проволокам значительно увеличивает химическую активность протекания реакций в сварочной ванне, что способствует снижению температуры формирования слоев и повышению их качества.

По износостойкости порошковые твёрдые сплавы в 1,5 раза превосходят применяемые наплавочные материалы (износостойкие электродные проволоки, порошковые проволоки, ленты). Восстановление с их использованием детали обычно имеют ресурс выше новых.

Также известно, что твёрдые сплавы обладают значительной хрупкостью и при наплавке часто образуются трещины. Добавление 8% по весу

порошкового алюминия в сплавы УС-25, сормайт-1, способствует устранению трещин в наплавочных слоях. Добавка алюминия не снижает износостойкости наплавленных слоев, а наоборот, наблюдается некоторое повышение их. распределительных валов с использованием в качестве присадочного материала порошковых твёрдых сплавов на железной и на никелевой основе. В качестве газов для плазмообразования используется аргон с расходом 1,5-2 л/мин. Для транспортирования порошка в сварочную ванну и её защиты могут применяться аргон, расход 6-10

л/мин, и азот 10-16 л/мин. В случае применения аргона качество наплавки высокое. Но для распределительных валов, главным образом посадочных мест, наиболее целесообразно использовать дешёвый азот, применение которого при наплавке порошками на железной основе с обязательным добавлением к последним в процентах по весу порошкового алюминия позволяет получить износостойкие покрытия высокого качества. Химический состав порошков приведен в таблице 1. Рационально применять плазменную наплавку для восстановления

Таблица 1.

Химический состав хромоникелевых порошков и порошков на железной основе

Марка	никель	углерод	хром	кремний	бор	железо	марганец	вольфрам	молибден
хромоникелевые порошки									
ПР-Н77Х15СЗР 2	Основ а	0,35 – 0,8	14 – 16	2,8 – 3,5	1,8 - 2,3	до 5	—	—	—
ПР-Н73Х16СЗР 3	Основ а	0,6 – 0,9	15 – 17	2,7 – 3,7	2,3 - 3,0	до 5	—	—	—
ПР-Н77Х17С4Р 4	Основ а	0,8 – 1,2	16 – 18	3,8 – 4,5	3,1 - 4,0	до 5	—	—	—
ПР-Н67Х18С5Р 5	Основ а	0,9 – 1,5	16 – 19	4,0 – 5,0	4,0 - 4,7	до 5	до 1	—	—
порошки на железной основе									
ПГ-С27	2 – 4	3,3 – 4,5	25 – 28	1,0 – 2,0	—	Основ а	0,8 – 1,5	0,2–0,4	0,08
ПГ-СР4	3 – 5	3,1 – 4,3	27 – 31	1,0 – 3,0	—	Основ а	0,5 – 1,3	0, –0,7	0,15
ПГ-С1	3 – 5	2,5 – 3,3	32 – 37	2,8 – 4,2	—	Основ а	0,4 – 1,5	0,4–1,5	—
ПГ-ФБХ-6-2	1,3 – 2,5	3,5 – 6,5	32 – 37	1,0 – 2,5	1,3 - 2,0	Основ а	0,4 – 1,5	1,5–4,0	—
ПГ-УС25	1,0 – 1,8	4,4 – 5,4	35 – 41	1,6 – 2,6	< 2,5	Основ а	—	—	—

Математическая модель: С целью оптимизации режимов наплавки вершины и цилиндрической части кулачков распределительных валов двигателей, поставлен полный факторный эксперимент (ПФЭ) 2^3 с равномерным дублированием опытов. В качестве независимых переменных выбраны: сила тока наплавки (I , А), скорость (V , мм/с), расход порошка (Q , кг/ч). Параметр оптимизации – толщина наплавленного слоя (h , мм). По результатам предварительных исследований (рис. 1 и 2) выбраны интервалы и уровни варьирования факторов (таблица 2). Следует отметить, что уровни варьирования силы тока наплавки не могут быть расширены вследствие оплавления торцов

кулачка, либо плохого формирования наплаваемого слоя в случае снижения силы тока.

В полном факторном эксперименте постоянными оставались следующие параметры:

1. Напряжение сжатой дуги – 35 В;
2. Диаметр плазмообразующего сопла – $4,0 \cdot 10^{-3}$ м;
3. Расход плазмообразующего газа (аргона) – 1,5.. 2 л/мин;
4. Расход защитного газа (аргона) – 6..8 л/мин;
5. Расстояние от сопла плазмотрона до детали – $(8..10) \cdot 10^{-3}$ м;
6. Амплитуда колебаний – $(15..16) \cdot 10^{-3}$ м;
7. Частота колебаний – 30..40 мин⁻¹.

Таблица 2

Уровни варьирования факторов

Наплавляемый участок	Наименован. фактора	Обозначен. фактора	Единица измерения	Интервал варьирования	Уровни		
					-	0	+
Вершина кулачка	Ток	X_1	А	15	150	165	180
	Скорость	X_2	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,25	1,07	1,32	1,57
	Расход порошка	X_3	кг/ч	0,12	0,48	0,60	0,72
Цилиндрическая часть	Ток	X_1	А	15	170	185	200
	Скорость	X_2	$\cdot 10^{-3}$ м/с	0,18	1,26	1,44	1,62
	Расход порошка	X_3	кг/ч	0,12	0,36	0,48	0,60

Эксперименты проводили на кулачках распределительных валов. В качестве наплавочного материала использовали порошковую смесь ПГ-ФБХ6-2+2...5% алюминия.

В соответствии с выбранным планом каждый опыт повторяли три раза. Результаты экспериментов представлены в табл. 2. Обработка результатов проведена в известной последовательности:

1. Рассчитана дисперсия опыта, проверена однородность ряда дисперсий.
2. Рассчитаны коэффициенты регрессии.
3. Проведена проверка статистической значимости коэффициентов регрессии.
4. Проведена проверка адекватности модели.

Уравнения регрессии адекватно описывают исследуемый процесс и имеют вид:

- для вершины кулачка:

$$Y = 1,66 + 0,09X_1 - 0,13X_2 + 0,14X_3 + 0,08X_2X_3; \quad (1)$$

- для цилиндрической части:

$$Y = 1,06 + 0,114X_1 - 0,326X_2 + 0,211X_3. \quad (2)$$

Анализируя уравнения (1 и 2), можно отметить, что наибольшее влияние на толщину наплавленного слоя в выбранных интервалах варьирования оказывают скорость наплавки и расход порошка. В меньшей степени влияют ток наплавки и совместное действие скорости и расхода порошка. В уравнении регрессии для цилиндрической части коэффициент от совместного действия этих факторов статистически незначим. Наиболее оптимальными являются режимы в 7-й строке таблице 3 как для вершины кулачка, так и для цилиндрической части.

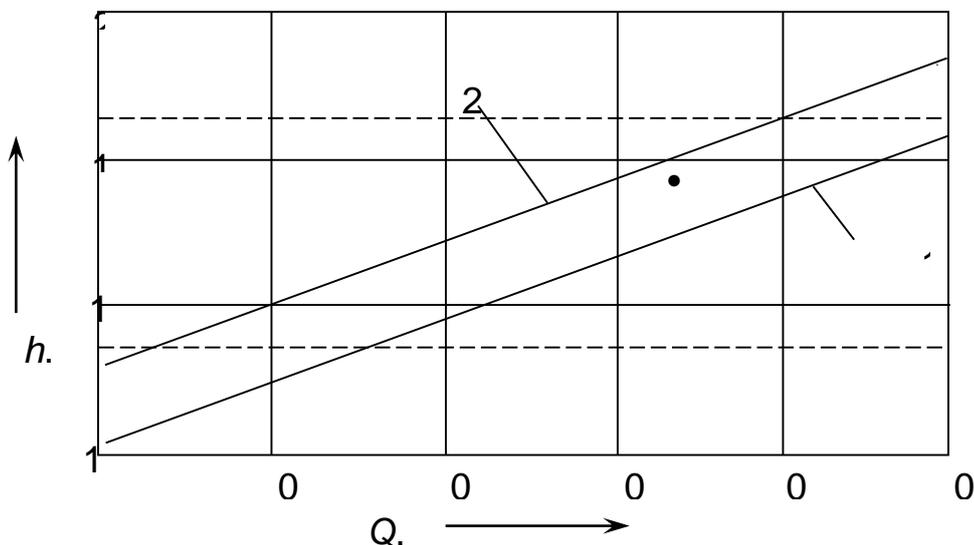


Рис. 1. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от расхода порошка.

Скорость наплавки $1,4 \cdot 10^{-3}$ м/с. 1 – $I = 150$ А; 2 – $I = 180$ А

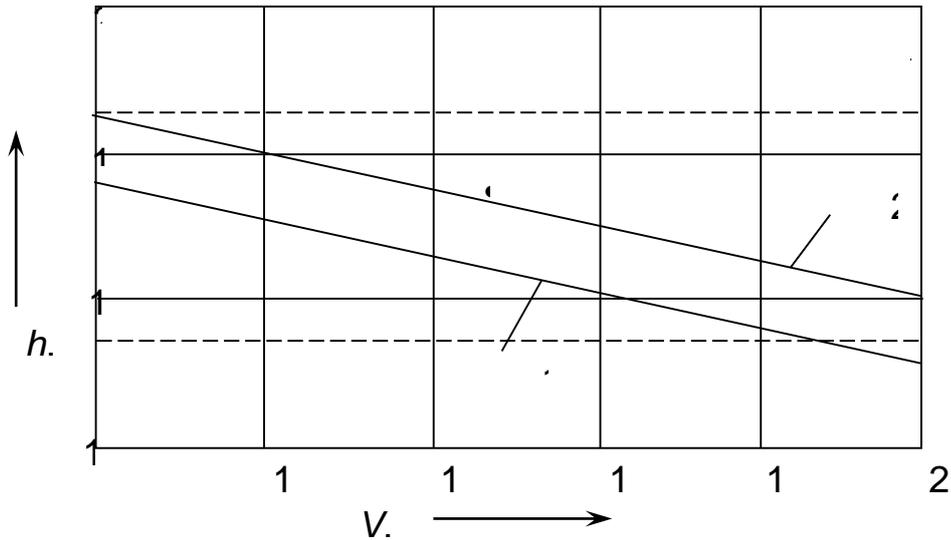


Рисунок 2. Зависимость толщины наплавленного слоя на вершине кулачка от скорости наплавки.

Расход порошка 0,6 кг/ч. 1 – I = 150 А; 2 – I = 180 А

Таблица 3.

План и результаты полного факторного эксперимента 2^3

№ опыта	Уровень фактора			Для вершины кулачка			Для цилиндрической части		
	X ₁	X ₂	X ₃	Среднее значение параметра оптимизации и \bar{Y}_i	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации и $Y_i^{расч}$	Среднее значение параметра оптимизации и \bar{Y}_i	Дисперсия средняя S_{yi}^2	Расчетное значение параметра оптимизации и $Y_i^{расч}$
1	-	-	-	1,65	0,0028	1,64	1,03	0,0108	1,06
2	+	-	-	1,78	0,0039	1,82	1,20	0,0202	1,29
3	-	+	-	1,23	0,0028	1,22	0,39	0,0458	0,41
4	+	+	-	1,40	0,0038	1,40	0,77	0,0187	0,64
5	-	-	+	1,77	0,0013	1,76	1,56	0,0051	1,48
6	+	-	+	1,92	0,0063	1,94	1,75	0,0469	1,71
7	-	+	+	1,60	0,0112	1,66	0,80	0,0039	0,83
8	+	+	+	1,89	0,0111	1,84	0,97	0,0101	1,06

Для практических расчетов уравнение регрессии более удобно в преобразованном виде. Переход от кодированных значений к натуральным осуществляется по следующим формулам:

$$X_1 = (I - I_0) / \Delta I; \quad (3)$$

$$X_2 = (V - V_0) / \Delta V; \quad (4)$$

$$X_3 = (Q - Q_0) / \Delta Q, \quad (5)$$

где I_0 , V_0 , Q_0 – натуральные значения независимых переменных на основных уровнях; ΔI , ΔV , ΔQ – значение интервалов варьирования.

В результате экспериментальных исследований получена математическая модель оптимизации ($h \rightarrow h_{опт}$) режимов плазменной наплавки фасонных поверхностей вида:

$h = 2,768 + 0,006I - 2,12V + 0,314Q$, [мм] – для вершины кулачков

$h = 1,418 + 0,0076I - 1,811V + 1,758Q$, [мм] – для цилиндрической части

Таким образом, плазменную наплавку можно использовать в массовом производстве, где большое значение имеет скорость и стабильность продукции.

Выводы:

1. Данная математическая модель (формула 6) позволяет решать прямые и обратные задачи – определять (находить) значения критерия оптимизации (толщины наплавленного слоя) по выбранным факторам или факторы по выбранным другим параметрам и заданному критерию оптимизации.

2. Полученные зависимости дают возможность оценить технологическую эффективность процесса плазменной наплавки и управлять выходными параметрами для получения износостойких покрытий.

3. На основании проведенного исследования была разработана математическая модель, которая позволяет определять значения критерия

оптимизации по выбранным факторам. Также для решения проблемы повышения эксплуатационной надежности и долговечности транспортно-технологических машин является нанесение защитных и восстановительных покрытий с помощью плазмы.

Список литературы

1. Апатенко А.С., Быков В.В., Голубев И.Г., Евграфов В.А., Голубев М.И. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном сопровождении. / Москва, 2017. Том Часть.
2. Коломейченко А.В., Логачев В.Н., Титов Н.В., Кравченко И.Н. Микродуговое оксидирование как способ повышения ресурса деталей машин при их производстве или восстановлении. / Техника и оборудование для села. 2014. № 4. С. 30-35.
3. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Механизация и автоматизация сельскохозяйственного производства. / Учебное пособие. Москва, 2013. С. 216.
4. Карапетян М.А. Основы концепции экологической совместимости системы «Машина-трактор-технология-почва». / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 9. С. 30-32.
5. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин. Методическое пособие для студентов по дисциплине “Основы работоспособности технических систем” Утвержден УМК ИМЭ им. В.П. Горячкина. Изд. ООО. «Мегаполис» г. Москва. 2020. с. 37.
6. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. ж. Механизация и Электрификация сельского хозяйства. Теоретический и научно-практический журнал. № 7. 2015 г. Москва. с. 28-32.
7. Тойгамбаев С.К., Романюк С.Н. Международный технико-экономический журнал № 4. 2013. г. Москва. с. 67-70.
8. Тойгамбаев С.К., Евграфов В.А. Применение электродугового нагрева и центробежной заливки при ремонте деталей машин. / Международный научный электронный журнал «International Journal Of Professional Science» ISSUE № 10/ 2019г. Нижний Новгород. с. 89-97.
9. Тойгамбаев С.К. Восстановление методом плазменного напыления деталей двигателей машин применяемых в природообустройстве. / Материалы международной научно-практической конференции «Роль мелиорации водного хозяйства в инновационном развитии АПК» Часть VII, ISBN 978-5-89231-400-8. 2012. г. Москва. . С. 195-200.
1. Айзман, Р.И. Основы безопасности жизнедеятельности / Р.И. Айзман, Н.С. Шуленина, В.М. Ширшова – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2010. – 247 с.
2. Ахметов, Р.Г. Экономика предприятия (организации) АПК: Практикум / Р.Г. Ахметов. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 142 с.
3. Бондаренко, Е.В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования / Е.В. Бондаренко, Р.С. Фаскиев. – М.: Академия, 2009. – 256 с.
4. Водяников, В.Т. Организация и управление производством на сельскохозяйственных предприятиях М.: КолосС, СтГАУ "АГРУС", 2006. – 506 с.
5. Водяников, В.Т. Экономика сельскохозяйственной энергетики / В.Т. Водяников. – М.: БИБКОМ, ТРАНСЛОГ, 2015. – 360 с.
6. Вышнепольский, И.С. Техническое черчение / И.С. Вышнепольский. – М.: Машиностроение, 2016. – 316 с.
7. Глазков, Ю.Е. Технологический расчёт и планировка предприятий технического сервиса / Ю.Е. Глазков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014-152 с.
8. Гусаков, В.Г. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса в 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова. — Минск: Белорус. наука, 2007. — 891 с.
9. Гусаков, В.Г. Экономика организаций и отраслей агропромышленного комплекса. В 2 кн. Кн. 1 / В. Г. Гусаков [и др.]; под общ. ред. акад. В. Г. Гусакова. — Минск: Белорус. наука, 2007. — 891 с.