

Министерство образования и науки Российской Федерации
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт передовых производственных технологий

Работа допущена к защите
Руководитель образовательных
программ по направлению 27.04.06

_____ П.А. Аркин
«__» _____ 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

**ОРГАНИЗАЦИЯ, ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ
ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ И ОСНАЩЕНИЯ
ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

по направлению 27.04.06 Организация и управление наукоемкими
производствами

Выполнил

студент гр.24343/1

Э.М. Фарбер

Руководитель

Заведующий БК ПУНП,

д.э.н., доцент

К.А. Соловейчик

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. Техническое перевооружение.....	10
1.1. Понятие технического перевооружения.....	10
1.2. Цели и задачи технического перевооружения.....	13
1.3. Цикл и подходы к техническому вооружению.....	14
1.4. Принципы технического перевооружения предприятия.....	18
1.5. Инструментальное производство как объект технического перевооружения.....	21
Глава 2. Математическое моделирование процессов технического перевооружения.....	28
2.1. Анализ литературных источников.....	28
2.1.1. Анализ литературы по теме «математические модели и методы выбора оборудования».....	29
2.1.2. Анализ литературы по теме «математические модели и методы выбора поставщиков».....	31
2.2. Математическое моделирование процесса выбора оборудования при техническом перевооружении предприятия.....	33
2.3. Математическое моделирование процесса выбора поставщика оборудования при техническом перевооружении предприятия..	43
Глава 3. математическая модель процесса выбора оборудования и поставщика при техническом перевооружении инструментального производства.....	55
3.1. Математическая модель в общем виде.....	56
3.2. Пример использования математической модели выбора оборудования и поставщика при техническом перевооружении инструментального производства предприятия ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ».....	69

	5
3.2.1. Краткое описание предприятия.....	69
3.2.2. Пример применения математической модели.....	71
Заключение.....	82
Список использованных источников.....	85
Приложение 1. Техническое задание на проект технического перево- оружения опытного производства основным технологическим оборудованием.....	92

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня, российская промышленность, сталкивается со множеством проблем, тормозящими ее рост и развитие, и снижающими конкурентно и жизнеспособность предприятий. Одними из таких проблем являются высокие темпы старения основных фондов, отмечаемые за прошедшие 15-20 лет, недостаточная применяемость научно-технических достижений и недостаточное использование инновационно-технологического потенциала. По имеющимся данным, уровень износа оборудования на обрабатывающих предприятиях России составляет около 47%[47]. Такое положение вещей складывается на всех производствах, в том числе и на инструментальном производстве.

Возможным, и лежащим на поверхности решением данных проблем является проведение технического перевооружения предприятия. При этом, при проведении такого рода проектов, предприятия могут столкнуться с нехваткой различного рода ресурсов – финансовых, трудовых, временных[51]. Плюс ко всему, для проведения технического перевооружения, необходимо понимать суть данного понятия, суть проводимых в ходе внедрения таких проектов процессов, принципы, методы и прочее.

Упрощение и ускорение процесса технического перевооружения можно достичь путем разработки математических моделей и методов повышенной применимости, способных стандартизировать процесс или его отдельные части, что в конечном итоге, облегчит работу по внедрению проектов технического перевооружения на предприятии.

Здесь следует отметить, что вопросы понимания и анализа термина «техническое перевооружение» и математического моделирования различных составляющих процесса технического перевооружения (оценка и выбор оборудования, оценка и выбор поставщика) разрабатываются, как в отечественной, так и в зарубежной литературе. Однако, уровень применимости таких моделей крайне низок, а недостаточное понимание термина «технического перевооружения» на предприятиях, как обособленного целостного процесса, так же не вселяет оптимизма. При этом, автору не известно о существовании комплекс-

ных математических моделей, предназначенных для проведения оценки и выбора, и оборудования и поставщика одновременно. Из этого следует вывод, о необходимости уточнения и повторного раскрытия процесса технического перевооружения, а также разработки комплексных математических моделей, способных эффективно помогать и оптимизировать проведение процесса технического перевооружения на предприятиях. В общем и целом, этим и объясняется актуальность проводимого исследования.

Объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе является процесс технического перевооружения предприятия, как обособленное явление в жизнедеятельности предприятия.

Предметом выпускной квалификационной работы являются организационно - экономические составляющие процесса технического перевооружения в инструментальном производстве (хозяйстве) обрабатывающего предприятия.

Цель выпускной квалификационной работы состоит в раскрытии процесса технического перевооружения инструментального производства на предприятии и разработке и обосновании математических моделей и методов выбора оборудования и поставщика оборудования при техническом перевооружении предприятия.

В соответствие с поставленной целью работы, были определены следующие задачи, требующие решения:

1. Проанализировать существующие определения процесса технического перевооружения предприятия; раскрыть состав процесса технического перевооружения; выявить основные цели, задачи, принципы и методы технического перевооружения.
2. Кратко определить понятие инструментального производства; определить состав и задачи инструментального хозяйства предприятия.
3. Проанализировать существующие модели и методы выбора оборудования; разработать собственную модель оценки и выбора оборудования при техническом перевооружении.

4. Проанализировать существующие модели и методы выбора поставщика; разработать собственную модель оценки и выбора поставщика оборудования.
5. На основании разработанных моделей создать математическую модель оценки и выбора оборудования и поставщика оборудования; протестировать работу модели на основании данных, предоставленных предприятием.

Теоретической и методологической основой исследования являются работы отечественных и зарубежных специалистов в области аспектов проведения и реализации технического перевооружения, влияющих на это факторов, процессов выбора оборудования и выбора поставщика. Методологическую основу, по большей части, составляют общелогические и эмпирические методы – анализ, описание и моделирование.

Информационную базу составили документы и информация, полученные в ходе практической работы.

Научная новизна в работе заключается в разработке математической модели оценки и выбора оборудования, оценки и выбора поставщика, и оценки и выбора оборудования и поставщика оборудования при техническом перевооружении предприятия.

Практическая значимость работы состоит в возможности внедрения разработанной модели в систему автоматизированного управления предприятием.

Апробация работы прошла в рамках работы в лаборатории управления производством на базе ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», а так же, в публикации научных статей в рецензируемых изданиях рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. «Модель выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия» в журнале «Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета», выпуск №1, 2018 г [44].

2. «Модель выбора оборудования при техническом перевооружении предприятия», в журнале «Организатор производства», выпуск №2, 2018 г.

ГЛАВА 1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ПЕРЕВООРУЖЕНИЕ

1.1. Понятие технического перевооружения

Понятие технического перевооружения первоначально появилось в 70-е годы в Советском Союзе, в основном из-за назревшей необходимости в переходе народного хозяйства на интенсивный путь развития, подразумевающий более эффективное и менее затратное обновление производственных фондов. На тот момент времени, технологическое перевооружение трактовалось как «изменение активной части производственных фондов, позволяющее повысить как их технический уровень, так и экономический эффект от их использования»[42].

Сегодня существует множество различных трактовок и определений понятия технологического перевооружения производства. В табл. 1.1 представлены возможные определения.

Таблица 1.1.

Примеры определений термина «техническое перевооружение».

№	Определение	Источник (Автор)
1	2	3
1.	Комплекс мероприятий, направленных на повышение технического уровня производства за счет внедрения более совершенной техники, технологии и организации работ в основном и вспомогательном производствах[38].	Райзенберг Б. А.
2.	Комплекс мероприятий, предусматриваемый в стратегических планах развития фирмы по улучшению организации и структуры производства, по устранению узких мест совершенствования общезаводского хозяйства и вспомогательных служб; по повышению технического уровня агрегатов, установок, внедрению новой техники и технологии и т. д.[1]	Артемова Л.В.

Продолжение табл. 1.1.

1	2	3
3.	Комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, цехов и участков на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования, новым более производительным, а также по совершенствованию общезаводского хозяйства и вспомогательных служб[7].	Большой экономический словарь
4.	Комплекс мероприятий по повышению технико-экономического уровня отдельных производств, цехов и участков на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены устаревшего и физически изношенного оборудования новым более производительным, а также по совершенствованию общезаводского хозяйства и вспомогательных служб, приводящих к изменению технологического процесса на опасном производственном объекте; внедрению новой технологии, автоматизации опасного производственного объекта или его отдельных частей, модернизации или замене применяемых на опасном производственном объекте технических устройств[41].	Слуцкий В.А. Тетерин Д.Е.
5.	Комплекс мероприятий по повышению технико-экономических показателей основных средств или их отдельных частей на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным[25].	Налоговый кодекс РФ, статья 257.

Окончание табл. 1.1.

1	2	3
6.	Процесс оснащения новой техникой всех технологических переделов основного и вспомогательного производств, включая производственную инфраструктуру и службы социальной инфраструктуры, в комплексе для более полной реализации потенциального экономического эффекта каждого вида внедряемой техники и повышения экономической эффективности[40].	Семянко А.Г.
7.	Комплекс мероприятий, направленных на повышение технического уровня производства за счет внедрения более совершенной техники, технологии и организации работ в основном и вспомогательном производстве[4].	Беляков Г.П. Еремеев Д.В.

Проанализировав представленные в таблице 1.1 определения понятия «техническое перевооружение», можно сделать вывод, что все определения имеют примерно одинаковую смысловую нагрузку, различия заключаются лишь в глубине объяснений – определение, представленное в НК РФ можно назвать более общим, без каких-либо уточнений, в то время как определение, представленное авторами Слуцкий В.А. и Тетерин Д.Е. более частное и уточненное.

В общем и целом, на данный момент в литературе, техническое перевооружение рассматривается как комплекс целостных и законченных мероприятий, направленных на повышение технико-экономического уровня основных средств или их отдельных частей (цехов, участков), путем внедрения передовой и инновационной техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и изношенного оборудования новым, более производительным и эффективным, а так же совершенствование и улучшение общезаводского хозяйства и вспомогательных служб.

1.2. Цели и задачи технического перевооружения

Как видно из ранее указанного определения, техническое перевооружение представляет собой мероприятия по улучшению основных и вспомогательных фондов производства. Исходя из этого, основными целями технического перевооружения действующего предприятия являются[16,32]:

- интенсификация производства;
- увеличение производственных мощностей;
- увеличение выпуска продукции;
- улучшение качества продукции;
- снижение материалоемкости продукции;
- снижение себестоимости продукции;
- обеспечение роста производительности труда;
- сокращение рабочих мест;
- экономия материальных и топливо - энергетических ресурсов.

В общем, представленные выше цели технического перевооружения можно свести в одну цель – повышение конкурентно способности и стратегической стабильности предприятия в современных условиях рыночной экономики, что немало важно, особенно для российских предприятий.

В соответствие с целями технологического перевооружения, существуют определенные его задачи. Выделяется следующая группа задач[32]:

- перевод производства на выпуск новых видов продукции или новых модификаций уже существующих продуктов;
- изменение (увеличение или уменьшение) производственных мощностей и объемов выпуска продукции в соответствии с требованиями спроса, с учетом сохранения или повышения рентабельности производства.

В ходе технического перевооружения предприятия могут разрешить огромную группу имеющихся проблем, а именно[12,33,42,]:

- замена устаревшего и изношенного оборудования;

- повышение коэффициента загрузки оборудования;
- сокращение сроков подготовки производства, производственного цикла определенной продукции;
- внедрение современных систем контроля и управления производством;
- модернизация систем производственной инфраструктуры (вентиляции, отопления, проч.);
- повышения уровня безопасности производства – экологической, пожарной;
- внедрение и выпуск новых видов продукции.

Таким образом, техническое перевооружение предприятия позволяет решить целый спектр проблем и задач, что немаловажно в условиях текущей рыночной экономики и усиленной конкуренции между организациями.

Стоит, однако, понимать, что технологическое перевооружение является достаточно сложным и затратным методом повышения конкурентно способности предприятия. Необходимо точно и четко осознавать, какие цели преследует предприятие, какие задачи требуется решить.

Далее будет рассмотрен непосредственно цикл технологического перевооружения и основные подходы к проведению технологического перевооружения на действующем предприятии.

1.3. Цикл и подходы к технологическому перевооружению

Как было сказано ранее, при техническом перевооружении происходит изменение не только техники и технологии, применяемой на предприятии, но и продукции, выпускаемой предприятием, положения предприятия в конкурентной среде, структура предприятия и проч. Это означает, что объектами изменений при технологическом перевооружении являются все материально-информационные элементы производственной системы.

Процесс технического перевооружения рассматривается не как линейно направленный, а, как циклический, так как, с учетом развития новых технологий и постоянного научно – технического прогресса, предприятию, рано или поздно, придется проводить технологическое перевооружение снова и снова, дабы оставаться конкурентно способным в условиях рыночной экономики и постоянно развивающихся науки и техники. Разработка и внедрение новых методов обработки материалов, нового оборудования, позволяющего ускорить обработку и снизить трудоемкость, а, соответственно, и себестоимость продукции, требует от предприятий четких и определенных шагов, с целью сохранения своей позиции на рынке. Поэтому, понимание процесса технического перевооружения и необходимых действий для его проведения, в определенные моменты функционирования предприятия может стать для него жизненно важным. Непосредственно схема цикла технического перевооружения[10,20] представлена на рис.1.1.

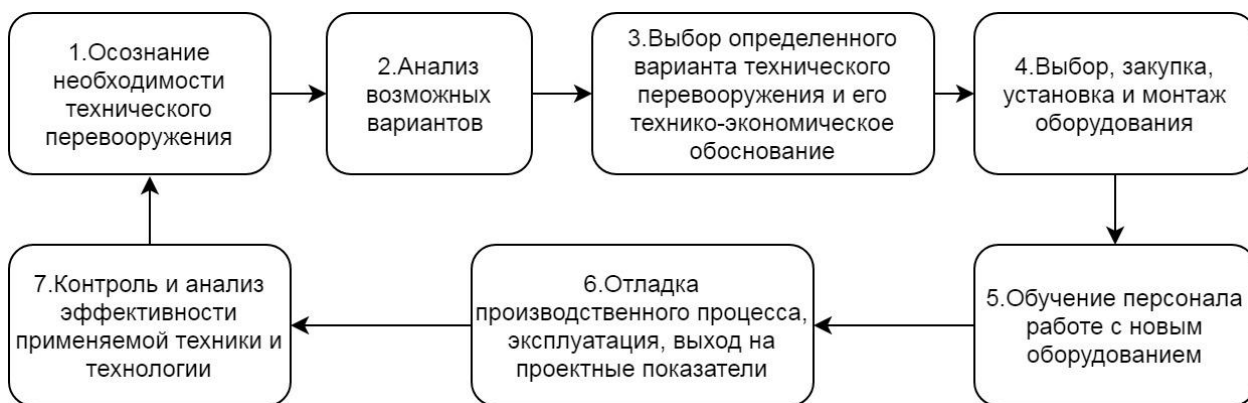


Рис. 1.1. Цикл технического перевооружения предприятия.

Как видно из пункта 3 рис.1.1, технологическое перевооружение всегда требует точного технико-экономического обоснования (ТЭО). В данном случае необходимо четко и ясно понимать, что технологическое перевооружение производства, как следует из определения, рассматривается как комплекс мер, проще говоря – проект, необходимый предприятию. И, как и для любого проекта, для него нужно четкое, ясное и понятное ТЭО, дабы понимать, действительно ли предприятие в данный момент времени может позволить себе внедрить в

жизнь такой проект, и какие конкретно выгоды и в какой срок будут при этом получены.

Каждое предприятие, конечно, создает свой собственный проект технологического перевооружения и задается собственными целями и задачами при его выполнении. Однако, в общем и целом, можно выделить несколько общих подходов, в соответствие с которыми предприятия могут подходить к проведению технологического перевооружения, а именно [20, 43]:

- оптимальный;
- подражательный;
- упрощенный;
- срочный;
- консервативный;
- дешевый;
- функциональный;

Далее рассмотрим более подробно каждый из представленных подходов.

Оптимальный подход подразумевает выбор оборудования в рамках соотношения цена – производительность. Это позволяет построить так называемое «умное» производство, но при этом требует наличия высококвалифицированных специалистов, которые смогут эффективно и правильно взаимодействовать с новым оборудованием.

При подражательном подходе выбор оборудования осуществляется в первую очередь на основе того, что уже есть и используется у конкурентов. Такой подход, конечно, позволяет учитывать уже имеющийся у конкурентов опыт эксплуатации, и выбирать из лучшего, что уже используется. Однако, такой перенос чужих решений не всегда оправдан и эффективен для собственного предприятия, а использование фактически аналогов не создает стратегического преимущества над конкурентами.

Упрощенный подход основывается на выборе наиболее простого и легкого в эксплуатации оборудования. Это позволяет минимизировать затраты на

эксплуатацию и не требует наличия высококвалифицированных кадров, но, в то же время, не дает каких-либо конкурентных преимуществ.

При срочном подходе, как правило, приобретается то оборудование, которое уже находится на складе поставщика. Это позволяет максимально сэкономить время на проведение технологического перевооружения, однако создает риск получения некачественного оборудования или оборудование, которое в перспективе не сможет помочь предприятию повысить конкурентно способность.

Консервативный подход, как и следует из названия, основан на приобретении того оборудования, которое уже знакомо и ранее использовалось. Это позволяет более точно прогнозировать получаемый экономический эффект от проекта технологического перевооружения, и не требует переобучения кадров, переход на новое оборудование или системы управления становится максимально простым и удобным. Однако и у данного подхода есть отрицательные стороны – отсутствие существенного роста технико-экономических показателей производства (переход от модификации к модификации – минимальный рост), как следствие – отсутствие вменяемых перспектив.

Исходя из названия, при дешевом подходе выбирается самое дешевое оборудование, из доступных к приобретению по проекту. При этом, происходит экономия финансовых средств предприятия на стадии закупки и установки оборудования, однако в последствии, определенная часть оборудования может быть более дорогой в эксплуатации, так как для выполнения производственной программы потребуется большее количество оборудования, что повлечет за собой рост эксплуатационных расходов.

Самый последний подход, функциональный, предполагает выбор самого современного и совершенного оборудования при проведении проектом технического перевооружения, что дает широкий спектр функциональных возможностей для предприятия и повышает его конкурентно способность. Но стоит учитывать, что такое оборудование необходимо встраивать в уже имеющуюся производственную цепочку, подгонять под уже существующие и новый технологи-

ческие процессы обработки и изготовления. Возможно, такой подход потребует проведения организационных изменений в структуре производства, на что готово пойти не каждое предприятие. В итоге, возможности высоко функционального и дорогостоящего оборудования могут использоваться не полностью.

Таким образом, понятно, что наиболее выгодным и эффективным является именно оптимальный подход при проведении технологического перевооружения предприятия. Однако, учитывая различные внутренние и внешние факторы и возможности предприятий, а также поставленные цели при внесении в жизнь проекта технологического перевооружения, можно использовать и другие подходы.

1.4. Принципы технического перевооружения предприятия

Различают два основных принципа проведения технического перевооружения предприятия – предметный и технологический.

Техническое перевооружение по предметному принципу формируется по признаку изготавливаемых изделий. При этом в определенной структурной единице (цех, участок) сосредотачивается различное оборудование, необходимое для полного изготовления конечного продукта или изделия[27]. Такой подход эффективнее всего применяется для подразделений массового и крупносерийного производства, где существует предметная специализация цехов и участков, а сами участки являются предметно-замкнутыми – участки, где изделия проходят полный цикл обработки[37]. Такая структура обеспечивает прямоточность производственного процесса – расположение участков узловой сборки, которые могут быть специализированы по сборочным единицам или деталям, и сборки готовых изделий после поточных линий обработки.

Техническое перевооружение предприятий, сформированных по предметному принципу, имеет следующие недостатки[27]:

- Низкая гибкость производства – требуются значительные материальные и временные затраты при переходе на выпуск новой продукции в одном структурном подразделении;

- Низкая загрузка оборудования – при отсутствие традиционных заказов, под которые создавались предметно-замкнутые участки, при том что новые заказы требуют иного состава оборудования, происходит недогрузка оборудования. Так же бывает невозможно взять в производство новый заказ, так как часть требуемых для этого мощностей уже загружена. По итогу, при выпуске продукции, отличной от той, под которую создавался участок, часть оборудования будет всегда недогружена;
- Высокие издержки производства – распределение однотипного оборудования между несколькими предметно-замкнутыми участками создает необходимость в наличии на каждом участке специалистов по эксплуатации и обслуживанию этого оборудования. Требуются и свои для каждого отдельного подразделения конструкторско-технологические службы, которые, вероятно, будут дублировать работу друг друга. В общей сумме, ввиду всего этого происходит рост эксплуатационных затрат, и затрат на конструкторско-технологическую подготовку производства;
- Недостаточно высокое качество новой продукции – при переходе на выпуск новой продукции на предметно-замкнутом участке, на качество продукции отрицательно влияет отсутствие опыта в использовании новых методов и процессов обработки, возможно так же несоответствие оборудования поставленным задачам. Все это снижает качество продукции.

Техническое перевооружение предприятий по технологическому принципу организуется по признаку специализации выполняемых технологических процессов – литейные, кузнечные, сварочные, механообрабатывающие и проч., т.е. на участке объединены рабочие места, где выполняются похожие технологические операции и установлено однотипное оборудование[37]. Такой принцип используется при перевооружении локальных организаций (предприятие,

холдинг/концерн) или масштабных производственных систем (в рамках всей страны) [27].

Преимуществами создания технологически специализированного производства, как отдельного элемента, является большая гибкость производственной системы в условиях изменяемой номенклатуры продукции, что ведет к повышению устойчивости всей производственной системы.

С точки зрения эффективности принципов специализации стоит отметить, что успех производственной системы в первую очередь зависит от позиционирования предприятия и решаемых в конкретный момент задач. В зависимости от внешних условий и целей развития, более эффективным может быть тот или иной подход.

К примеру, если производство устойчиво, и является однономенклатурным, или производимые изделия обладают высокой конструктивной, но низкой технологической сложностью, рекомендуется проводить техническое перевооружение по предметному принципу. Напротив, при неустойчивости производства, и часто меняющейся номенклатуре продукции, более выгодно и эффективно проводить техническое перевооружение по технологическому принципу.

Дополнительно к первым двум существует и третий, не менее важный принцип технического перевооружения – принцип интеграции информационных и технологических систем[32]. Принцип подразумевает необходимость внедрения современных информационных технологий и систем, и их интеграции с существующими системами производства, при проведении технического перевооружения предприятия. При этом имеются в виду три уровня систем управления предприятием:

- Автоматизированные системы управления предприятием (ERP);
- Автоматизированные системы управления производственными процессами (MES);
- Автоматизированные системы управления технологическими процессами (SCADA).

Практика технического перевооружения в России показывает, что внедрение в управление предприятием систем, автоматизирующих только финансово-учетную и административно-хозяйственную деятельность предприятия, не дает ощутимого результата и явного улучшения состояния производства, повышения прибыльности. При этом, именно производство является центром создания прибыли для любого производственного предприятия, в следствие чего информатизация и автоматизация процессов управления производством не должна отходить на второй план.

В общем и целом, здесь представлена основная информация, необходимая для понимания процесса технического перевооружения, его принципов и основных подходов. Далее, необходимо рассмотреть понятие инструментального производства, и определить, имеются ли какие-либо особенности в процессе технического перевооружения инструментального производства.

1.5. Инструментальное производство как объект технического перевооружения

Производственная структура любого промышленного предприятия состоит из множества организационных единиц и подразделений. В общем виде термин «производственная структура» можно определить, как совокупность производственных единиц предприятия (цехов, служб), входящих в состав предприятия и все имеющиеся формы связи между ними[34].

Все подразделения, входящие в состав производственной структуры предприятия, можно разделить по типу производства на основные, вспомогательные и обслуживающие подразделения производства. Из названия понятно, что основные производственные подразделения занимаются непосредственно производством основной продукции, вспомогательные подразделения занимаются производством вспомогательной продукции, а обслуживающие подразделения – занимаются оказанием необходимых для функционирования производства услуг производственного характера[37, 50].

В общем и целом, выражаясь более конкретно, можно сказать, что подразделения вспомогательного производства занимаются, фактически, техническим обслуживанием основного производства. В состав вспомогательного производства входят различные подразделения, а именно, инструментальные подразделения, подразделение изготовления тары, опытное производственное подразделение и многие другие. В зависимости от характера производимой продукции, объемов производства и используемых технологических процессов, состав вспомогательного производства может быть различен. Однако, можно с уверенностью заявить, что у всех средних и крупных предприятий имеются собственные инструментальные подразделения.

В литературе, чаще всего инструментальные подразделения называют общим термином «инструментальное хозяйство» предприятия. Наиболее полно, этот термин раскрывается следующим образом: инструментальное хозяйство – совокупность подразделений производства, занимающихся приобретением, проектированием, изготовлением, восстановлением и ремонтом технологической оснастки, учетом, хранением и выдачей на рабочие места[15].

Основное назначение создаваемого инструментального хозяйства на предприятии – своевременное и бесперебойное снабжение производственных подразделений предприятия необходимой и качественной технологической оснасткой с минимальными затратами[46]. Под словосочетанием «технологическая оснастка» понимаются режущие, измерительные, вспомогательные инструменты и приборы, штампы, пресс-формы, модели и различные приспособления, необходимые для оснащения современного высокотехнологичного производства[37].

Основные функциональные задачи, которые должны решаться инструментальным хозяйством, можно описать следующим образом[3,30,46,]:

- определение потребности производственных подразделений предприятия в технологической оснастке, планирование этих потребностей;

- нормирование расхода технологической оснастки и поддержание необходимого количества ее запасов;
- организация собственного производства необходимой технологической оснастки;
- проведение закупок технологической оснастки, производство которой своими силами невозможно по определенным причинам;
- централизованное хранение технологической оснастки;
- обеспечение рабочих мест предприятия необходимой технологической оснасткой, организация рационального процесса эксплуатации;
- организация работ по восстановлению изношенной оснастки;

В зависимости от объема выпуска продукции, характера продукции, размеров предприятия и применяемой технологии, структура инструментального хозяйства предприятия может быть разной. Каждое предприятие создает и развивает инструментальное хозяйство исходя из имеющихся потребностей. Однако, в общем виде и наиболее полно, структуру инструментального хозяйства можно представить следующим образом (см. табл.1.2) [3,30,46]:

Таблица 1.2.

Структура инструментального хозяйства.

Наименование подразделения	Выполняемые функции
1	2
Инструментальный отдел	Планирование и диспетчирование процессов обеспечения оснасткой, производства оснастки; контроль и надзор за эксплуатацией оснастки.
Инструментальный цех	Изготовление и восстановление нестандартной и унифицированной оснастки.
Центральный инструментальный склад (ЦИС)	Приемка, хранение, учет и выдача инструмента и оснастки в цеховые инструментально-раздаточные кладовые (ИРК).

Продолжение табл.1.2

1	2
Инструментальная группа при отделе материально-технического снабжения	Обеспечение потребности в материалах для изготовления инструмента на предприятии; закупка инструмента на стороне.
Инструментально-раздаточные кладовые	Приемка нового инструмента и оснастки из ЦИС, хранение, учет и выдача инструмента и оснастки на рабочие места; сбор и передача изношенного инструмента и оснастки в ЦИС.
Участки по восстановлению и заточке инструмента	Проведение работ по восстановлению сломанного и изношенного инструмента, заточка режущего инструмента.

Рациональная и эффективная организация инструментального хозяйства производственного предприятия является одним из факторов, способствующих повышению производительности производства, снижению себестоимости продукции и повышению ее качества. Говоря о влиянии на эффективного инструментального хозяйства на себестоимость продукции, стоит отметить, что в общей сумме расходов на подготовку производства нового изделия, около 60% идет на проектирование и изготовление специальных видов технологической оснастки. В то же время, удельный вес затрат на технологическую оснастку в себестоимости изделия, в процессе его производства, может достигать до 15% [3]. Из этого следует, что рациональное и экономичное использование инструмента влияет не просто на общие затраты предприятия, но конкретно на себестоимость продукции.

Одним из важнейших условий рационального и экономически эффективного использования инструмента является проведение его классификации. Проведение классификации необходимо для последующего выбора однотипного и взаимозаменяемого инструмента, конструктивно и технологически сходных его видов при последующем подборе партии одновременно изготавливаемой оснаст-

ки. Так же, классификация помогает в дальнейшем при определении степени применяемости различных видов инструмента[22].

Классификация инструмента может проводиться по нескольким параметрам. По характеру использования, инструмент можно разделить на универсальный или стандартный, и специализированный. К универсальному инструменту можно отнести тот, который используется на предприятии при выполнении стандартных операций, к примеру – токарные резцы, и прочее. Специализированный инструмент используется для выполнения четко определенных операций в ходе изготовления определенных наименований деталей[22].

Существует, так же, классификация инструмента по назначению, а именно, инструмент подразделяют на контрольно-измерительный инструмент, обрабатывающий инструмент и иную технологическую оснастку – штампы, приспособления, пресс-формы[22].

Как уже говорилось ранее, задачей инструментальных цехов и участков является изготовление нестандартной или специальной оснастки, в соответствии с потребностями производства, а также, изготовление унифицированного и стандартного инструмента в соответствии с нормами и потребностями предприятия. В зависимости от размеров предприятия и объемов выпуска продукции, а также характера продукции, количество и специализация инструментальных цехов и участков может различаться. К примеру, для крупных предприятий, с большими потребностями в различном инструменте, целесообразно создавать несколько инструментальных цехов, специализирующихся на различных инструментах – цех режущего инструмента, цех мерительного инструмента и так далее. Для средних и небольших предприятий, целесообразнее создавать единый инструментальный цех, подразделяемый на несколько участков – режущего, мерительного и прочего инструмента[46].

В инструментальных цехах, как правило, для выполнения работ по изготовлению технологической оснастки различного характера, необходимо оборудование, с повышенными показателями точности. И, на данный момент времени, под этим понимаются не только универсальное металлорежущее и иное

оборудование, с повышенными показателями точности, но и оборудование с ЧПУ, 5-ти координатное оборудование, электроэрозионное оборудование и так далее.

Говоря об оборудовании, необходимом для инструментального производства, необходимо отметить наличие достаточно серьезной проблемы, имеющейся как в целом в Российской промышленности, так и конкретно в инструментальном производстве. Это устаревание основных фондов. Основные фонды промышленности имеют уровень износа более 50 %, а износ производственного аппарата предприятий в некоторых отраслях достигает 90 % [6,8,39]. Существует острая необходимость в массовой замене универсальных единиц оборудования, которые выработали свой срок службы, и с трудом выдают необходимые показатели точности. Решением этой проблемы является проведение технического перевооружения инструментального цеха предприятия. Однако здесь можно столкнуться с проблемой недостаточного финансирования[45].

В общем и целом, необходимо понимать, что проблема технического перевооружения стоит остро не только в инструментальном производстве, но и вообще в производстве в Российской Федерации[6]. Для инструментального производства такая проблема обостряется, как правило, высокой стоимостью оборудования, как универсального, с повышенными показателями точности, так и специализированного (5-ти координатное оборудование и проч.).

Учитывая, как правило, проблемную финансовую ситуацию Российских предприятий, можно сделать вывод, что для эффективного проведения технического перевооружения как основного, так и инструментального производства, необходимы системы и методы, которые предоставляли бы возможность быстрой и эффективной оценки оборудования, необходимого для технического перевооружения, и выбора оптимального оборудования, в тот момент, когда у предприятия имеются финансовые средства для его закупки.

Таким образом, в первой главе данной работы было рассмотрено понятие технического перевооружения, его основные цели, задачи, этапы, подходы и принципы, что дает более полное понимание всей сути процесса технического

первооружения производства. Так же, достаточно подробно рассмотрено понятие инструментального производства, и указаны особенности и причины необходимости технического перевооружения инструментального производства в Российской Федерации.

В следующих главах данной работы будут рассмотрены имеющиеся и предложены новые методы и математические модели, способствующие облегчению и ускорению процессов технического перевооружения.

ГЛАВА 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ

Как видно из информации, представленной в первой главе работы, техническое перевооружение является достаточно сложным и многоэтапным процессом для любого предприятия, требующим серьезных затрат, как по времени, так и по материальным ресурсам.

Учитывая факторы сложности и многоэтапности, в течение развития научной мысли различными авторами предлагаются различные математические модели, которые описывают определенные отдельно взятые процессы в общем цикле технического перевооружения, и позволяют, при должном использовании упростить, ускорить и оптимизировать определенные процессы.

Для более полного понимания вопроса математического моделирования процессов технического перевооружения необходимо провести анализ литературных источников.

2.1. Анализ литературных источников

В основной своей части, представленные в отечественной и зарубежной литературе математические модели, описывают процессы выбора оборудования для закупки, и выбора поставщика оборудования, так как, в условиях обширного и быстро растущего и развивающегося рынка различного технологического оборудования, с огромным количеством различных характеристик и по различной стоимости, проблема быстрого и правильного выбора оптимального оборудования от надежного и профессионального поставщика встает перед предприятиями все более остро.

Далее будет проведен анализ представленных в литературе отечественных и зарубежных математических моделей и методов выбора как самого оборудования, так и поставщиков оборудования.

2.1.1. Анализ литературы по теме «математические модели и методы выбора оборудования»

В данном разделе будет проведен анализ представленных в отечественной и зарубежной литературе работ по разработке и описанию математических моделей и методов выбора оборудования. Информация сгруппирована и представлена в табл.2.1.

Таблица 2.1.

Анализ литературы по тематике «математические модели и методы выбора оборудования».

Автор [Источник]	Основные идеи.
1	2
I. Temiz, G. Calis [57]	Выбор строительного оборудования на основании сочетания метода анализа иерархий (АНП) и метода PROMETHEE (устанавливает отношение предпочтения между рассматриваемыми вариантами).
M. Dağdeviren [56]	Выбор оборудования на основании сочетания метода анализа иерархий (АНП) и метода PROMETHEE (устанавливает отношение предпочтения между рассматриваемыми вариантами), с возможностью дальнейшего включения математической модели в систему управления организацией.
Virender S.P., Ajit P.S.[60]	Рассматривается проблема выбора оборудования как многокритериальная задача, производится сравнение результативности сразу нескольких способов ее решения – метод анализа иерархий, метод простого суммарного взвешивания (SAW), метода PROMETHEE, метода ELECTRE (относительное сравнение альтернативы с другой альтернативой).
G. Tuzkaya и др. [59]	Решение задачи выбора оптимального оборудования как многокритериальной, с использованием метода PROMETHEE и аналитического сетевого процесса (ANP) (более общая форма метода анализа иерархий).

Продолжение табл.2.1.

1	2
Л. И. Нефедов и др. [26]	Решение задачи выбора оборудования, как задачи многокритериальной оптимизации, используя метод нечетких множеств.
С.О. Медведев и др. [21]	Использование методики дерева решений для нахождения оптимального оборудования при технологическом перевооружении. В качестве ключевого критерия используется оценка возможного дохода от приобретения рассматриваемого оборудования

На основании табл.2.1 можно сделать вывод, что на сегодняшний день, проблема выбор оборудования в литературе, по большей части рассматривается с точки зрения многокритериальной оптимизации, и моделируется и решается как многокритериальная задача.

При этом, зарубежные авторы концентрируют свое внимания на методе PROMETHEE, устанавливающим отношение предпочтения между рассматриваемыми вариантами, и методе анализа иерархий, или его более расширенном варианте – аналитическом сетевом процессе. Эти и другие методики, представленные в таблице 2.1 (на пример – метод ELECTRE), не пользуются такой популярностью у отечественных авторов, а также являются достаточно сложными для восприятия, и требуют от конечного пользователя наличия определенной подготовки и знаний в сфере математических наук.

В свою очередь отечественные авторы рассматривают в качестве методов решения многокритериальной задачи выбора оборудования другие методы, к примеру метод нечетких множеств, который так же будет сложен для восприятия неподготовленного к этому работника. Что же касается метода, предложенного С.О. Медведевым и др., то здесь стоит отметить, что при выборе оборудования не берутся во внимание его технические характеристики, а рассматривается только конечная доходность, что, является недостаточно эффективным с точки зрения выбора оптимального оборудования при техническом перевооружении предприятия.

Основываясь на проведенном анализе, можно сделать вывод, что существующие на сегодняшний день математические модели и методы выбора оборудования, не смотря на свое разнообразие и высокую точность, достаточно сложны и мало применимы на практике. Ввиду этого, в данной работе будет предложена новая, интуитивно понятная, но при этом достаточно точная модель выбора оборудования, которую можно будет включать в систему автоматизированного управления предприятием как отдельный блок.

2.1.2. Анализ литературы по теме «математические модели и методы выбора поставщиков»

В данном разделе будет проведен анализ литературы, касающейся проблематики выбора поставщиков как сырья, так и оборудования в условиях существующего и постоянно развивающегося рынка. В качестве литературы рассматривались отечественные научные статьи различных авторов, не старше 5 лет. Информация представлена в табл.2.2.

Таблица 2.2.

Анализ литературы по теме «математические модели и методы выбора поставщиков»

Автор [Источник]	Основные идеи.
1	2
Беркович М.И., Пуцилло А.Д.[5]	Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок сырья, с использованием экспертного метода (балльная оценка) и расчетов финансовых параметров поставщиков.
Будяков А.Н., Гетманов К.Г., Матвеев М.Г.[9]	Математическая модель выбора ресурсов и поставщиков, обеспечивающая одновременное удовлетворение техническим и коммерческим требованиям. Устанавливает рациональное соответствие между ресурсами, поставщиками и заказчиками.

Продолжение табл.2.2.

1	2
Иванова М.И. [13]	Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок сырья, с использованием экспертного метода (балльная оценка) и расчетов финансовых параметров поставщиков.
Куимова Е.И., Лога-нина В.И., Учаева Т.В. [17]	Метод выбора поставщика сырья, основанный на применении теории нечетких множеств, с использованием определенных критериев и метода экспертной оценки поставщиков по каждому критерию, с учетом весов критериев.
Лещинский Б.С., Конкина Ю.А. [19]	Метод выбора поставщика, основанный на применении теории нечетких множеств, с использованием критериев оценки и метода экспертной оценки, с учетом важности критериев.
Козин М.Н. [14]	Рассматриваются эффективные методы выбора альтернативного поставщика в условиях риска: «вероятностная мера Байеса-Лапласа», «принцип максимума энтропии функции полезности», «принципа минимума дисперсии функции полезности», «модальный принцип».

На основании информации представленной в табл.2.2 можно сделать вывод, что на текущий момент в отечественной литературе имеется большое количество различных моделей выбора поставщиков, основанных на различных математических моделях и методах выбора и обоснования.

Анализируя работы, представленные в табл.2.2, можно отметить, что часть моделей (работы авторов Беркович М.И., Будяков А.Н., Иванова М.И.) не определяют уровни важности критериев, на основе которых производится выбор поставщиков, остальные модели имеют достаточно сложный математический аппарат, который требует от конечного пользователя достаточной подготовки в математических науках, и не является интуитивно понятным, что отрицательно скажется на итоговой применяемости таких моделей и методов.

Отдельно стоит отметить работу автора Козин М.Н. – рассматривается выбор поставщиков относительно факторов риска, а не на основе определенных

групп критериев, при этом уровень сложности применяемого математического аппарата остается достаточно высоким.

Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день в литературе имеются различные модели и методы выбора поставщика, однако их конечная применимость остается под вопросом. Ввиду этого, в данной работе будет предложена новая, интуитивно понятная, но при этом достаточно точная модель выбора поставщика оборудования, которую можно будет включать в систему автоматизированного управления предприятием как отдельный блок.

2.2. Математическое моделирование процесса выбора оборудования при техническом перевооружении предприятия

Процесс выбора, закупки и монтажа оборудования является четвертым этапом в цикле технического перевооружения предприятия, и, как правило, основывается на техническом задании на техническое перевооружение предприятия, которое, в свою очередь, основывается на ранее принятом варианте технического перевооружения и его технико-экономическом обосновании (см. рис.1.1), полученном на третьем этапе цикла. Основная задача на этом этапе цикла состоит в том, чтобы из всего имеющегося многообразия оборудования, представленного на современном рынке, подобрать оптимально подходящее по требованиям технического задания.

В техническом задании на техническое перевооружение предприятия могут быть предъявлены различные требования к закупаемому по проекту оборудованию. В качестве требований выступают определенные характеристики оборудования:

- технические характеристики, такие как скорость вращения шпинделя, количество рабочих осей, размеры рабочего стола и прочее;
- общие характеристики – страна происхождения, фирма производитель, наличие оснастки в комплекте и прочее;

- ценовые характеристики – ограничение по стоимости оборудования, оснастки и проч.

Необходимо понимать, что выбор оборудования, с учетом всех предъявленных характеристик, идет из определенной группы оборудования, и в техническом задании указывается, какую группу оборудования необходимо рассмотреть, к примеру, универсальные токарные станки, или горизонтальные обрабатывающие центры с ЧПУ. Возможны так же варианты, при которых в техническом задании указывается конкретная организация производитель оборудования, из перечня которой и необходимо выбрать оптимальный вариант.

В конечном итоге, основная проблематика выбора оптимального оборудования заключается в выборе оптимального сочетания ценовых, технических и общих характеристик. Основное стремление любого производственного предприятия в ходе технического перевооружения в данной проблематике – закупка технически оптимального оборудования, подходящего под все общие и технические требования технического задания, по минимальной цене. Фактически, это ситуативная вариация извечной проблемы «цена-качество», только в варианте технического перевооружения это будет звучать как «цена-характеристики».

В техническом задании на техническое перевооружение требуемые характеристики не обязательно будут четко зафиксированными. К примеру, такая общая характеристика, как страна производитель, может быть описана в следующем формате: «приоритет – Япония, но могут быть рассмотрены Китай или Тайвань». Таким образом, дается вариативность выбора по одной из характеристик, что усложняет и без того сложную задачу отбора оптимального оборудования, подходящего под требование «цена-характеристики».

В соответствии с заявленными ранее мнением, основным решением проблемы выбора оптимального оборудования при техническом перевооружении предприятия видится математическая модель многокритериальной задачи оптимизации, с помощью которой можно было бы эффективно оценивать и выбирать оборудование. Оцениваться оборудование будет на основе критериев. В

соответствие с поставленной ранее проблематикой «Цена-Характеристики», критериями оценки оборудования будут:

- балльная оценка общих и технических характеристик оборудования;
- балльная оценка стоимости оборудования;

Так же, каждому критерию присвоят определенный вес, который будет отражать важность каждого критерия. Чем больше вес, тем более важным считается критерий.

В общем виде, разработанная математическая модель многокритериальной задачи выбора оборудования выглядит следующим образом, представленном в формуле (2.1):

$$\left\{ \begin{array}{l} F(x) = \alpha_1 * x_1 - \alpha_2 * x_2 \rightarrow \max \\ x_1 = \sum_{i=1}^n a_{ij} \\ x_2 = b_j \\ \sum_{i=1}^n a_{ij} > 0 \\ b_j > 0 \\ \alpha_1 + \alpha_2 = 1; 0 < \alpha_1 < 1; 0 < \alpha_2 < 1 \\ i = 1 \dots n; j = 1 \dots m; \\ m \in N; a_{ij} \in N; n \in N; b_j \in N. \end{array} \right. \quad (2.1)$$

где x_1 - множество оценок характеристик рассматриваемого оборудования;

x_2 - множество оценок стоимости рассматриваемого оборудования;

$i = 1 \dots n$ – наименования характеристик оборудования, указанных в техническом задании на техническое перевооружение;

n – количество рассматриваемых в соответствие с техническим заданием характеристик;

$j = 1 \dots m$ – перечень рассматриваемого для выбора оборудования, m – количество рассматриваемого для выбора оборудования;

a_{ij} – балл сравнительной оценки i -й характеристики рассматриваемого j -го оборудования относительно требований к данной характеристике, указанных в техническом задании;

b_j – балльная оценка стоимости j -го рассматриваемого оборудования;

α_1 и α_2 – определяемые весовые коэффициенты.

Как видно из формулы 2.1, целевая функция представленной математической модели стремится к максимуму, т.е. оптимальным будет считаться оборудование, набравшее наибольшее количество баллов. Так же видно, что из балльной оценки характеристик происходит вычитание балльной оценки стоимости. Такое построение функции исходит из необходимости оптимизации характеристик при минимизации стоимости закупаемого оборудования, т.е. при наличии двух единиц оборудования с одинаковой балльной оценкой характеристик, наилучшей будет та, у которой стоимость будет ниже. Соответственно, чем ниже стоимость оборудования, тем меньше баллов будет вычтено, и тем выше будет итоговая оценка (значение целевой функции).

Оценивание рассматриваемого оборудования, и выбор оптимального в соответствие с требованиями технического задания и финансовыми возможностями предприятия состоит из шести этапов, представленных на рис.2.1.



Рис.2.1. Этапы выбора оптимального оборудования.

Как видно из рис.2.1, первые два этапа выбора оборудования представляют собой обычный сбор и анализ информации. На первом этапе проводится анализ технического задания на техническое перевооружение, и систематизируются требования к выбираемому оборудованию. На втором этапе проводится поиск и отбор первичных кандидатур оборудования, тип которого подходит под требования технического задания, т.е. если в техническом задании описываются характеристики универсального токарного станка, то и при отборе первичных кандидатур, выборка будет производиться из этого типа оборудования. Так же возможно получение от поставщиков коммерческих предложений в соответствие с запросом по техническому заданию, и множество оборудования из таких коммерческих предложений в итоге будет участвовать в окончательном выборе оптимального оборудования.

В ходе третьего этапа оцениваются характеристики выбранного к рассмотрению оборудования. Оценка проходит путем сравнения имеющихся у оборудования характеристик с требуемыми по техническому заданию характеристиками. Баллы оценки заносятся в таблицу оценивания, которая представлена ниже, как табл.2.3.

Таблица 2.3.

Оценка оборудования на основе технического задания.

Характеристики	...	Оборудование j	...
...
Характеристика i	...	a_{ij}	...
...
Суммарная оценка	...	$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	...

где a_{ij} – балл сравнительной оценки i -й характеристики рассматриваемого j -го оборудования относительно требований к данной характеристике в техническом задании,

n – количество оцениваемых характеристик, m – количество рассматриваемого при выборе оборудования,

$i = 1 \dots n, j = 1 \dots m, \sum_{i=1}^n a_{ij}$ - суммарная оценка j -го оборудования по всем n

рассматриваемым характеристикам.

Выставление сравнительных оценок проходит по следующим условиям, представленным в формуле (2.2):

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{если } h_{ij} = h_{iT} \\ 2 & \text{если } h_{ij} > h_{iT} \\ 0 & \text{если } h_{ij} < h_{iT} \end{cases} \quad (2.2)$$

где h_{ij} – значение i -й характеристики для j -го оборудования;

h_{iT} – значение i -й характеристики в соответствии с требованием технического задания.

Для более полного понимания процесса оценивания, проведем расшифровку:

- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования полностью совпадает с требованием технического задания по закупке оборудования – ставится балл 1;
- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования выше, чем того требует техническое задание – ставится 2 балла;
- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования не удовлетворяет техническому заданию – ставится 0 баллов.

Проведя такую оценку для каждого j -го рассматриваемого оборудования, получается итоговая балльная оценка характеристик для каждого j -го рассматриваемого оборудования. Количество баллов, полученное каждым и рассматриваемого оборудования на этом этапе, может быть различным, и зависит в первую очередь, от количества оцениваемых характеристик, и, от соответствия j -го оборудования требованиям технического задания.

Следующий, четвертый этап, представляет собой балльную оценку стоимости оцениваемого оборудования. На этом этапе каждое j -е оборудование получит балльную оценку своей стоимости.

Первоначально, необходимо из рассматриваемого оборудования выбрать представителей с наибольшей и наименьшей стоимостью. После этого проводится расчет по формуле (2.3):

$$\max p_j - \min p_j = P \quad (2.3)$$

где $\max p_j$ – наибольшая стоимость рассматриваемого оборудования;

$\min p_j$ – наименьшая стоимость рассматриваемого оборудования;

P – основной промежуток распределения стоимости рассматриваемого оборудования.

Далее, необходимо определить размер балльной шкалы оценивания L , который определяется по формуле (2.4):

$$L = m + 2 \quad (2.4)$$

где m – количество рассматриваемого оборудования, $L \in N$.

Следующим шагом, определяем шаг промежутков, чтобы разделить основной промежуток распределения стоимости оборудования на меньшие числовые промежутки, а каждому полученному промежутку присвоить свою собственную балльную оценку, в соответствие со шкалой L . Соответственно, шаг промежутков определяем по формуле (2.5):

$$R = P / L \quad (2.5)$$

где R – шаг промежутков.

С помощью полученного значения R и ранее определенных значений размера шкалы получаем L промежутков, на основании которых будет производится оценка стоимости рассматриваемого оборудования:

$$[\min p_j ; \min p_{j+R}], (\min p_{j+R} ; \min p_{j+2R}] \dots (\min p_{j+(L-1)R} ; \min p_{j+LR}]$$

при этом, $(\min p_{j+LR}) = \max p_j$.

Полученным промежуткам необходимо присвоить баллы, по шкале, от меньшего, к большему. Оборудованию с наименьшей стоимостью ($\min p_j$) (соответственно и промежутку, в который включена цена этого оборудования) сразу присваивается наименьший возможный балл b_j , который, по условиям математической модели, представленной в формуле (2.1), равен единице. Оборудованию с наибольшей стоимостью ($\max p_j$) необходимо присвоить наибольшую балльную оценку, равную размеру балльной шкалы L .

После этого, оценивается оставшееся оборудование. Для этого определяется, в какой из числовых промежутков попадает стоимость j -го оборудования, и данному оборудованию выставляется балльная оценка b_j , равная присвоенному данному промежутку баллу. Это означает, что если $[\min p_j < p_j < \min p_{j+R}]$, то $b_j = 1$. По такому же принципу оценивается все оставшееся оборудование, участвующее в оценке.

Следующий этап, пятый, необходим для определения весов критериев, используемых в математической модели, с помощью метода парного сравнения критериев [31,55,58]. Для этого составляется матрица $\|k_{el}\|$ размерностью, равной количеству критериев. Матрица заполняется коэффициентами k_{el} , которые показывают предпочтение критерия e относительно критерия l , $e = 1 \dots s$, $l = 1 \dots s$, s – количество критериев, в данном конкретном случае – 2. В данном случае матрица выглядит следующим образом, представленном в формуле (2.6):

$$k_{el} = \begin{vmatrix} k_{11} & k_{12} \\ k_{21} & k_{22} \end{vmatrix} \quad (2.6)$$

При использовании данного метода, значения коэффициентов определяются по следующим условиям, указанным в формуле (2.7):

$$k_{el} = \begin{cases} 1 & \text{если критерий } e \text{ более важен чем критерий } l \\ 0 & \text{если критерий } e \text{ менее важен чем критерий } l \\ 0,5 & \text{если критерий } e \text{ и } l \text{ имеют одинаковую важность} \end{cases} \quad (2.7)$$

При этом должно выполняться условие $k_{el} + k_{le} = 1$.

Основываясь на построенной и заполненной матрице, рассчитывается суммарный уровень важности каждого критерия, по формуле (2.8):

$$k_e = \sum_{l=1}^s k_{el} \quad (2.8)$$

где k_e - суммарный уровень важности каждого критерия, $e = 1 \dots s$, $l = 1 \dots s$.

Зная суммарный уровень важности каждого критерия, можно рассчитать суммарный уровень важности всех критериев, по формуле (2.9):

$$k_c = \sum_{e=1}^s k_e \quad (2.9)$$

где k_c - суммарный уровень важности всех критериев, $e = 1 \dots s$.

Получив все необходимые данные из предыдущих расчетов, находим вес каждого критерия, по формуле (2.10):

$$\alpha_e = \frac{k_e}{k_c} \quad (2.10)$$

где α_e - вес критерия e ,

$$e = 1 \dots s, \sum_{e=1}^s \alpha_e = 1.$$

Существует определенная особенность в значениях весовых коэффициентов критериев в данном конкретном случае. Так как, всего рассматривается два критерия, то значения конечных весовых коэффициентов будут:

- 0,75 и 0,25, когда один из критериев важнее другого;
- 0,5 и 0,5, когда оба критерия имеют одинаковую важность.

После того, как определены веса критериев, можно переходить к последнему, шестому этапу.

На шестом этапе происходит построение графика целевой функции и выбор оптимального оборудования по соотношению «цена-характеристики», с учетом весовых коэффициентов, присвоенных двум критериям.

Для этого необходимо рассчитать значения целевой функции $F(x)$ для каждого из рассматриваемого оборудования, и построить график, где, по оси абсцисс необходимо расположить наименования оборудования (от 1 до m), по оси ординат – расчетные значения итоговой функции. Исходя из условий математической модели, оптимальным будет то оборудование, для которого значение целевой функции будет наибольшим.

Результат выбора оптимального оборудования будет зависеть не только от балльной оценки стоимости и характеристик оборудования, но и от того, как распределены уровни важности (веса) самих критериев. В зависимости от уровня важности, в одинаковых наборах рассматриваемого оборудования, оптимальными могут быть выбраны различные представители.

Представленная математическая модель достаточно проста в использовании и максимально понятна (в сравнении с ранее описанными в пункте 2.1.1). Это позволит использовать ее отдельно, как отдельный механизм для выбора

оптимального оборудования, либо включить ее в качестве блока выбора оборудования в электронную систему управления предприятием. Точное описание и достаточная простота вполне это позволяют.

Далее будет представлена математическая модель выбора поставщика оборудования.

2.3. Математическое моделирование процесса выбора поставщика оборудования при техническом перевооружении предприятия

Проблема выбора поставщика оборудования при техническом перевооружении, с первого взгляда совершенно не видна, и не совсем ясно, в чем она заключается. Ведь основная задача выбора при техническом перевооружении - выбрать оптимальное оборудование, а не оценивать и выбирать оптимального поставщика. Однако, это в корне не верно.

Существуют ситуации, при которых оценка и выбор поставщика оборудования является ключевым. Такие ситуации возникают в случае, когда, в соответствие с техническим заданием на техническое перевооружение предприятия, необходимо произвести закупку конкретного наименования оборудования – четко определенного станка или обрабатывающего центра и проч. Четко определенное наименование оборудования не даст возможности применить модель выбора оптимального оборудования, так как, фактически, оборудование уже было выбрано до перехода к 4 этапу технического перевооружения. Фактически, единственное, что необходимо выбрать при таких требованиях технического задания – это непосредственно самого поставщика оборудования. И здесь появляются определенные трудности.

На сегодняшний день, на рынке оборудования, существует достаточно большое количество поставщиков, которые являются как самостоятельными производителями, предоставляющими свой товар потребителям напрямую, так и, в большей части, официальными и не официальными местными дилерами определенных производителей (чаще всего зарубежных). В следствие этого, необходимо, при выборе поставщика, проводить его оценку по различным кри-

териям. В противном случае, существует риск, погнавшись за наименьшей ценой оборудования, потерять деньги и не получить необходимого оборудования.

Говоря о критериях выбора поставщиков, можно отметить, что в литературе на сегодняшний день существуют разные наборы критериев, и различные авторы используют различное их количество для оценки. В данной работе, для оценки и последующего выбора поставщика оборудования при техническом перевооружении предприятия, будут использованы следующие критерии[23,28,32,54]:

- финансовая устойчивость поставщика;
- порядок оплаты предоставляемых услуг;
- ценовые предложения и наличие скидок;
- наличие в регионе сервисных центров;
- предоставляемые инжиниринговые услуги;
- послегарантийное обслуживание;
- возможность обучения операторов для работы на поставляемом оборудовании;
- сроки поставки и монтажа оборудования;
- квалификация представителей поставщика;
- лидерство поставщика в области технологий;
- возможности предоставления лизинговых услуг и др.

Здесь стоит расшифровать значение критерия «предоставляемые инжиниринговые услуги», который подразумевает под собой проведение технологического аудита, оказание консалтинговых услуг, разработка и проектирование мастер – моделей (3D) на изделия, подготовку технологических процессов и программ ЧПУ с последующим внедрением на предприятии. Остальные критерии можно считать достаточно понятными.

В зависимости от ситуации, требований технического задания на техническое перевооружение и особенностей оборудования, участвующие в оценке критерии могут меняться. Возможно добавление дополнительных критериев,

или отказ от использования части имеющихся, если описываемые в них требования не являются необходимыми в определенной ситуации.

Оценка и выбор оптимального поставщика по представленным критериям будет проводиться на основании математической модели выбора поставщика. В общем виде модель выглядит следующим образом, представленным в формуле (2.11):

$$\left\{ \begin{array}{l} f(x) = \frac{\sum_{m=1}^e \sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti}}{e} \rightarrow \max \\ x_{mti} \leq b \\ \sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti} \leq b \\ x_{mti} \geq c \\ \sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti} \geq c \\ \sum_{i=1}^n \alpha_{im} = 1 \\ \alpha_{im} > 0; x_{mti} > 0; e \in N; n \in N; p \in N; b > c; b > 0; c > 0; \\ m = 1 \dots e; i = 1 \dots n; t = 1 \dots p \end{array} \right. \quad (2.11)$$

где: e - количество экспертов, участвующих в оценке, ед.;

n - количество необходимых для оценки поставщика критериев, шт.;

p - количество оцениваемых поставщиков, шт.;

α_{im} - вес i -го критерия, по мнению m -го эксперта, ед.;

x_{mti} - оценка m -м экспертом t -го поставщика по i -му критерию, баллов;

b - максимально возможная оценка поставщика определенным экспертом, баллов;

c - минимально возможная оценка поставщика определенным экспертом, баллов.

Как видно из формулы (2.11), целевая функция $f(x)$ представляет собой множество среднеарифметических оценок всех поставщиков всеми экспертами с учетом весов (уровней важности) критериев для каждого эксперта. Целевая функция стремится к максимуму, следовательно, оптимальным будет считаться

тот поставщик t , чья средняя арифметическая оценка всеми экспертами будет наибольшей среди среднеарифметических оценок всех поставщиков.

Процесс оценки и определения оптимального поставщика на основе представленной математической модели выбора поставщика происходит в 6 этапов. Порядок и наименования этапов представлены на рис.2.2.

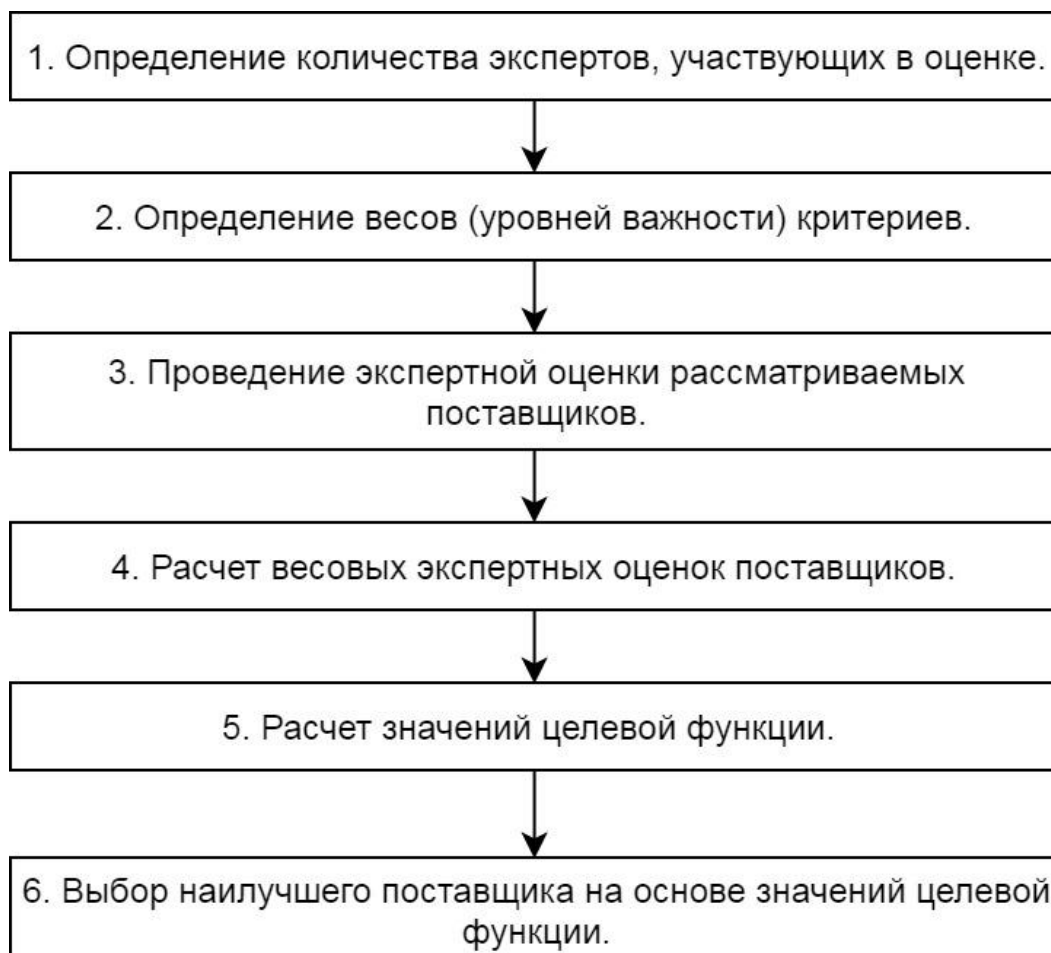


Рис.2.2. Этапы выбора оптимального поставщика.

Далее рассмотрим каждый из представленных этапов более подробно.

На первом этапе проводится выбор экспертов, определение их количества – e . С их помощью, на основе метода экспертной оценки будет проводиться оценивание поставщиков.

Метод экспертной оценки - комплекс логических и математических процедур, необходимых и достаточных для получения от определенных специалистов информации, проведения анализа полученной информации, в целях подготовки и выбора оптимальных и рациональных решений в определенных ситуациях. Суть метода состоит в проведении высоко - квалифицированными специ-

алистами интуитивно-логического анализа ситуации или проблемы с качественной или количественной оценкой суждений или объектов и формальной обработкой полученных при оценивании результатов. Метод экспертных оценок достаточно широко распространен и применяется при решении различных ситуаций и проблем, связанных с планированием экономики страны и отрасли, информационными технологиями и проч., как в России, так и за рубежом[2,11,18,29,36].

При проведении экспертного анализа в данной математической модели, подразумевается в качестве экспертов использовать ключевых работников высшего управленческого звена предприятия – начальник производства, главный инженер, главный бухгалтер и проч. Так же, для более полноценной и адекватной оценки, рекомендуется использовать не менее 3 экспертов. На этом же этапе окончательно определяются критерии (если ранее они не были определены, в соответствие с требованиями технического задания), на основании которых будет проводится оценка.

На втором этапе проводится определение уровней важности (весов) критериев, участвующих в оценке поставщиков. Веса критериев будут определяться для каждого эксперта m отдельно, для получения более полноценной оценки, $m=1...e$, где e – количество экспертов.

Для определения веса используется метод парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения[35,52]. Этот метод достаточно понятен и не требует серьезной подготовки для использования. Метод позволяет каждому эксперту самостоятельно определить уровень важности для каждого используемого критерия, в сравнении с остальными критериями. Для определения веса необходимо заполнить матрицу парной оценки критериев. Пример матрицы представлен в табл.2.4.

Таблица 2.4.

Матрица определения веса критериев.

		Критерий j		Суммарный уровень важности критерия k_i	Вес критерия (α_i)
...	1	k_{ji}	...	...	...
Критерий i	k_{ij}	1	...	k_i	α_i
...	...	...	1	...	...
				k_c	1

Где k_{ij} - коэффициент, показывающий предпочтение критерия i по отношению к критерию j ,

$$i=1 \dots n, j=1 \dots n,$$

n – число критериев.

При применении метода парного сравнения критериев все диагональные элементы матрицы парного сравнения критериев, представленной в таблице 2.4 должны быть равны единице, а остальным элементам присваиваются значения k_{ij} следующим образом[35], по формуле (2.12):

$$k_{ij} = \begin{cases} 1,5 & \text{если критерий } i \text{ более важен чем критерий } j \\ 0,5 & \text{если критерий } i \text{ менее важен чем критерий } j \\ 1 & \text{если критерий } i \text{ и } j \text{ имеют одинаковую важность} \end{cases} \quad (2.12)$$

При этом обязательно должно выполняться условие $k_{ij}+k_{ji}=2$, при $i \neq j$.

Последние два столбца матрицы – суммарный уровень важности критерия k_i и вес критерия, заполняются путем проведения расчетов на основе ранее заполненных столбцов:

Далее рассчитывается группа показателей:

$$k_i = \sum_{j=1}^n k_{ij} \quad (2.13)$$

где k_i - суммарный уровень важности каждого критерия в (2.13), $i=1 \dots n, j=1 \dots n$.

$$k_c = \sum_{i=1}^n k_i \quad (2.14)$$

где k_c - суммарный уровень важности всех критериев в (2.14), $i=1 \dots n$.

$$\alpha_i = \frac{k_i}{k_c} \quad (2.15)$$

где α_i - вес критерия i в (2.15), $i=1 \dots n$, $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$

Таким образом, в ходе второго этапа выбора оптимального поставщика, получены веса α_i для каждого критерия i по мнению каждого эксперта m .

На третьем этапе происходит экспертная оценка каждым экспертом m каждого из рассматриваемых поставщиков t по используемым для оценки критериям i . Для этого, необходимо заполнить матрицу оценки для каждого поставщика t . Общий вид матрицы представлен в табл.2.5.

Таблица 2.5.

Матрица экспертной оценки поставщиков.

	Поставщик t
...	...
Критерий i	x_{mti}
...	...

где x_{mti} – оценка m -м экспертом t -го поставщика по i -му критерию, $i=1 \dots n$, $t=1 \dots p$, $m=1 \dots e$.

Для оценки поставщика по каждому критерию будут использоваться балльные оценки по различным шкалам. Это могут быть шкалы от одного до пяти, от одного до десяти и более. Рекомендуется использовать пятибалльную шкалу оценки, как более привычную и интуитивно понятную для наших соотечественников, и при этом, достаточно подробную, позволяющую достаточно подробно описать и оценить поставщика. Каждая оценка пятибалльной шкалы будет иметь следующие значения:

- 5 баллов - поставщик полностью удовлетворяет требованиям и ожиданиям предприятия по данному критерию;
- 4 балла - поставщик по большей части (не менее 75%) удовлетворяет требованиям и ожиданиям предприятия по данному критерию;
- 3 балла - поставщик частично (не менее 50%) удовлетворяет требованиям и ожиданиям предприятия по данному критерию;
- 2 балла - Поставщик крайне мало (менее 50%) удовлетворяет требованиям и ожиданиям предприятия по данному критерию – 2 балла;
- 1 балл - поставщик не удовлетворяет требованиям и ожиданиям предприятия по данному критерию.

Как видно, пятибалльная шкала достаточно удобна, и позволяет провести всестороннюю оценку поставщика по выбранным критериям. При этом, математическая модель может использовать и любую другую шкалу, какие-либо ограничения по выбору шкалы оценки в данной модели отсутствуют.

Четвертый этап модели выбора оборудования необходим для расчета весовых оценок каждого поставщика t каждым экспертом m по каждому критерию i , и расчета суммарной взвешенной оценки каждого поставщика t каждым экспертом m . Для этого составляется матрица весовых оценок, аналогичная матрице экспертной оценки поставщиков, в которой производятся расчеты. В общем виде матрица представлена в табл.2.6.

В табл.2.6 видно, что производится перемножение полученных на втором этапе весов критериев с оценками поставщика t выставленными экспертом m по каждому из критериев i , $i=1 \dots n$. $t=1 \dots p$, $m=1 \dots e$.

Таблица 2.6.

Матрица экспертной оценки поставщиков.

	Поставщик t
...	...
Критерий i	$\alpha_i * x_{mti}$
...	...
Суммарная оценка	$\sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti}$

После перемножения и получения взвешенных оценок, рассчитывается суммарная взвешенная оценка поставщика t экспертом m , по формуле (2.16):

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti} \quad (2.16)$$

где α_{im} - вес критерия i по мнению эксперта m ,

x_{mti} - оценка эксперта m по критерию i по поставщику t .

На пятом этапе происходит подведение итогов и расчет значения целевой функции для каждого из поставщиков. Для этого рекомендуется построить матрицу, в которую будут занесены все суммарные взвешенные оценки поставщиков t экспертами m . На них далее будет основываться расчет значений целевой функции. Табл.2.7 является примером того, как следует группировать полученную на предыдущих этапах информацию.

Таблица 2.7.

Итоговая матрица оценок.

	...	Суммарная оценка экспертом m		Значения целевой функции
...
Поставщик t	...	$\sum_{i=1}^n \alpha_{im} * x_{mti}$	...	$f(x_{mti})$
...

Значения целевой функции, для заполнения последнего столбца в таблице, в соответствие с математической моделью, фактически, являются среднеарифметическим оценок всех экспертов по одному поставщику t , т.е. рассчитываются как сумма всех оценок всеми экспертами по одному поставщику, деленная на количество поставщиков e .

Таким образом, на данном этапе получены итоговые среднеарифметические балльные значения оценок каждого поставщика всеми участвующими экспертами. Это позволяет перейти к следующему, заключительному этапу.

Последний, шестой этап, необходим для окончательного определения наилучшего поставщика по итогам проведенной оценки. Для этого необходимо найти наибольшее значение целевой функции, т.е. определить наибольшую полученную среднеарифметическую оценку определенным поставщиком. Поставщик, имеющий наибольшую среднеарифметическую оценку, является наилучшим по итогам проведенного оценивания, и именно он будет выбран для поставки оборудования.

В целях большей наглядности и точности, особенно при условии большого количества оцениваемых поставщиков (больше 5), рекомендуется выбор оптимального поставщика проводить графическим способом. Для этого по оси абсцисс располагаются поставщики, а по оси ординат – значения целевой функции. Соответственно, значение функции, расположенное выше остальных будет являться максимальным, а поставщик, которому принадлежит это значение (оценка) – считается наилучшим, при текущих условиях задачи.

Дополнительно к выше сказанному, графический метод позволяет сразу же ранжировать оцениваемых поставщиков, что в итоге может быть использовано предприятием при форсмажорных обстоятельствах. Проще говоря, в случае, если выбранный оптимальный поставщик, ввиду каких-либо причин не сможет или откажется от поставки оборудования, при наличии оцененных и ранжированных поставщиков, заказ на оборудование можно будет передать поставщику, занявшему второе место при оценке.

В общем и целом, представленная математическая модель выбора оптимального поставщика будет иметь высокую применяемость, ввиду ее интуитивной понятности и простоты, в купе с достаточной точностью и широким охватом критериев, участвующих в оценке. При правильном использовании, данная математическая модель может помочь предприятию, основываясь на опыте и знаниях сотрудников высшего управленческого звена, эффективно оценивать и выбирать поставщиков оборудования, при проведении технического перевооружения предприятия.

Так же, представленная математическая модель является достаточно разносторонним и универсальным инструментом оценки с применением экспертного метода оценки, так как позволяет использование для оценки совершенно различных критериев, а, следовательно, при необходимости, может использоваться для оценки не только поставщиков, но и решения иных вопросов оценивания чего либо, в зависимости от ситуации.

В итоге, полученная математическая модель может быть включена в систему электронного управления предприятия, как один из быстрых и удобных механизмов оценки и выбора, требующий минимальных усилий и временных затрат.

На этом вторая глава данной работы подходит к концу. Однако, стоит отметить, что, не смотря на достаточную универсальность, понятность и эффективность, обе представленные во второй главе математические модели все еще остаются недостаточно законченными и готовыми, с точки зрения процесса технического перевооружения предприятия. Модель выбора оптимального оборудования, не смотря на ее эффективность и эргономичность, не учитывает оценивание поставщика, которое так же необходимо проводить при закупке оборудования, и которое представлено во второй главе как отдельная математическая модель. Соответственно, проблематика состоит в том, что обе представленные модели – и модель выбора оптимального оборудования, и модель выбора оптимального поставщика – фактически, должны быть объединены в общую систему или математическую модель. Такая система позволит полно-

стью охватить процесс выбор оборудования при техническом перевооружении предприятия, и позволит, фактически, проводить поиск, анализ и выбор подходящего оборудования и поставляющего его поставщика за минимальное количество времени, и затрачивая минимум усилий. При этом вероятность выбора недостаточно подходящего оборудования или неустойчивого, не честного поставщика снизится до минимума.

Отдельно стоит отметить, что наличие экспертного анализа, даже при наличии нескольких экспертов, добавляет получаемой оценке поставщика определенного субъективизма. Поэтому, при дальнейшем развитии, необходимо уйти от методов экспертного анализа, к более точным методикам, по возможности используя те же самые критерии оценки.

Исходя из вышесказанного, четко проглядывается необходимость объединения двух ранее представленных моделей. Это позволит разработать универсальную систему, описывающую процесс оценки и выбора оборудования при проведении технического перевооружения предприятия. Разработке такой математической модели, путем объединения ранее полученных моделей выбора оборудования и поставщиков будет посвящена следующая, третья глава данной работы.

ГЛАВА 3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ И ПОСТАВЩИКА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Как уже говорилось ранее, техническое перевооружение является сложным, многоэтапным процессом, позволяющим предприятию выйти на новый уровень технического развития и производства. И одним из достаточно серьезных этапов является этап выбора и закупки оборудования, требуемого для предприятия в соответствии с техническим заданием на техническое перевооружение производства.

Основная сложность и важность данного этапа заключается в необходимости проведения анализа и выбора. Учитывая, что оборудование, а в особенности, точное оборудование для инструментального производства, имеет крайне высокие стоимостные показатели, цена ошибки, при выборе как оборудования, так и поставщика этого оборудования, будет очень большой, что может крайне отрицательно сказаться на экономической устойчивости и будущем предприятия.

Поэтому, в целях облегчения и ускорения процесса выбора оборудования и поставщика оборудования при техническом перевооружении инструментального производства, в данной главе будет разработана и представлена математическая модель выбора оборудования и поставщика, которая будет основываться на двух математических моделях, представленных во второй главе данной работы.

Основным требованием, предъявляемым к новой модели, является необходимости оценки не только стоимости, технических и экономических характеристик оборудования (как в математической модели выбора оборудования, представленной во второй главе работы, см. пункт 2.2), но, дополнительно к этому, оценка поставщика, который предлагает данное оборудование. Это позволит математической модели быть универсальной, и иметь возможность оценивать не только разноименное оборудование, но и одноименное оборудование, предлагаемое различными поставщиками. При таких условиях в оценке будет

учитываться не только лишь стоимость оборудования, но и оценка самого поставщика оборудования, его надежность, предоставляемые услуги и другие критерии выбора (см. пункт 2.3).

Далее, перейдем к рассмотрению и описанию непосредственно самой модели выбора оборудования и поставщика, в ходе технического перевооружения инструментального производства.

3.1. Математическая модель в общем виде

В данном разделе будет рассмотрен общий вид предлагаемой математической модели. Большая ее часть будет идентична математической модели выбора оборудования, представленной в пункте 2.2. Однако, количество переменных, используемых в модели, изменится.

Как и ранее представленная модель выбора оборудования, данная математическая модель рассматривает процесс выбора оборудования и его поставщика как задачу многокритериальной оптимизации. В качестве критериев будут выступать:

- Балльная оценка стоимости контракта на поставку оборудования;
- Балльная оценка характеристик оборудования, представленного в контракте;
- Балльная оценка характеристик и услуг, предоставляемых поставщиком оборудования.

Как видно из описанных критериев, теперь к рассмотрению берется весь контракт на поставку, так как, как правило, в контракте на поставку оборудования прописывается не только стоимость оборудования, но и иные расходы за различные услуги, которые может предоставить поставщик, такие как установка оборудования, обучение сотрудников и прочее.

Первые два критерия уже описывались ранее, и являются повторением тех критериев, которые использовались в математической модели в пункте 2.2. Третий критерий является критерием оценки поставщика оборудования, но не с

помощью экспертного метода, а сравнения параметров и предоставляемых по контракту поставки оборудования услуг поставщика с требованиями технического задания на проведение технического перевооружения. Это означает, что теперь поставщик будет получать балльную оценку методом сравнения, что позволит отказаться от достаточно субъективного метода экспертных оценок. Основные критерии, обычно предъявляемые поставщику, по которым он будет оцениваться, в общем и целом, примерно совпадают с критериями выбора поставщика, описанными ранее в пункте 2.3. Как правило, в техническом задании имеются следующие требования (критерии оценки):

- срок поставки и монтажа оборудования;
- условия поставки оборудования;
- длительность предоставляемого гарантийного срока;
- наличие гарантийного обслуживания оборудования;
- наличие постгарантийного обслуживания оборудования;
- возможность обучения операторов для работы на поставляемом оборудовании;
- наличие сервисных центров в регионе;
- возможность предоставления инжиниринговых услуг.

В зависимости от требований технического задания на проведение технического перевооружения при оценке поставщика оборудования могут использоваться все или только часть представленных критериев. Особенностью данных критериев является возможность их точной оценки по шкале присутствует/отсутствует или удовлетворяет/не удовлетворяет. Это позволит выставить балльные оценки - 1 или 0 баллов соответственно.

В общем виде, математическая модель будет выглядеть следующим образом, указанным в формуле (3.1):

$$\left\{ \begin{array}{l}
 F(x) = \alpha_1 * x_1 - \alpha_2 * x_2 + \alpha_3 * x_3 \rightarrow \max \\
 x_1 = \sum_{i=1}^n a_{ijp} \\
 x_2 = b_{jp} \\
 x_3 = \sum_{z=1}^g c_{zpj} \\
 \sum_{i=1}^n a_{ijp} > 0 \\
 b_{jp} > 0 \\
 \sum_{z=1}^g c_{zpj} \geq 0 \\
 \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1; \\
 0 < \alpha_1 < 1; 0 < \alpha_2 < 1; 0 < \alpha_3 < 1 \\
 i = 1 \dots n; j = 1 \dots m; z = 1 \dots g; p = 1 \dots u \\
 m \in N; a_{ijp} \in N; n \in N; b_{jp} \in N; g \in N; u \in N; c_{zpj} \in N.
 \end{array} \right. \quad (3.1)$$

где x_1 - множество оценок характеристик рассматриваемого оборудования;

x_2 - множество оценок стоимости контракта на поставку рассматриваемого оборудования,

x_3 – множество оценок поставщика рассматриваемого оборудования;

$i = 1 \dots n$ – наименования характеристик оборудования, указанных в техническом задании на техническое перевооружение,

n – количество рассматриваемых в соответствие с техническим заданием характеристик;

$j = 1 \dots m$ – перечень рассматриваемого для выбора оборудования, m – количество рассматриваемого для выбора оборудования;

$p = 1 \dots u$ – перечень поставщиков, поставляющих рассматриваемое для выбора оборудование, u – количество поставщиков, поставляющих рассматриваемое для выбора оборудование;

$z = 1 \dots g$ – наименования характеристик и требований к поставщику, указанных в техническом задании на техническое перевооружение, g – количество рассматриваемых в соответствии с техническим заданием характеристик и требований;

a_{ijp} – балл сравнительной оценки i -й характеристики рассматриваемого j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком, относительно требований к данной характеристике, указанных в техническом задании;

b_{jp} – балльная оценка стоимости j -го рассматриваемого оборудования поставляемого p -м поставщиком;

c_{zpj} – балл сравнительной оценки p -го рассматриваемого поставщика, поставляющего j -е рассматриваемое оборудование, по z -ой характеристике;

α_1, α_2 и α_3 – определяемые весовые коэффициенты.

Целевая функция $f(x)$ представленной математической модели стремится к максимуму, т.е. оптимальным будет считаться набор оборудование-поставщик, набравший наибольшее количество баллов. Так же видно, что из балльной оценки характеристик оборудования и поставщика происходит вычитание балльной оценки стоимости. Такое построение функции исходит из необходимости оптимизации характеристик оборудования и поставщика, при минимизации стоимости закупаемого оборудования. При наличии двух наборов оборудование-поставщик с одинаковой суммарной балльной оценкой характеристик оборудования и поставщика, наилучшим будет тот набор, у которого стоимость будет ниже. Соответственно, чем ниже стоимость контракта на поставку оборудования, тем меньше баллов будет вычтено, и тем выше будет итоговая оценка (значение целевой функции). При этом, на итоговую оценку остаточное влияние будет оказывать уровни важности (веса) критериев.

Оценивание оборудования, стоимости контракта на его поставку, поставщиков, поставляющих рассматриваемое оборудование, и определение оптимального набора оборудование – поставщик, удовлетворяющего всем требованиям технического задания, проходит в 9 этапов. Все они представлены на рис.3.1.



Рис.3.1 Этапы оценки и выбора оборудования и его поставщика.

Первые четыре этапа, представленные на рисунке 3.1, являются аналитическими. Этап 1 и этап 2 основываются на анализе информации и требований, представленных в техническом задании на техническое перевооружение, и

структурирование этой информации – типа оборудования, требуемых характеристик оборудования, требований, предъявляемых к поставщику, и характеристик поставщика. На этапах 3 и 4 проводится анализ рынка оборудования требуемого типа, выявление претендентов, которые смогут участвовать в оценке, и определение их количества, совместно с определением количества поставщиков, которые могут предоставить выбранное для оценки оборудование.

При определении количества оцениваемого оборудования, необходимо понимать, что количество оцениваемых поставщиков может не совпадать с количеством оцениваемого оборудования, так как, один поставщик может предлагать для поставки более одной единицы оборудования. При этом, условия поставки различного оборудования от одного поставщика, могут различаться.

На пятом этапе проводится оценка характеристик рассматриваемого оборудования, в сравнении с требованиями технического задания на техническое перевооружение. Для этого необходимо сравнить характеристики оборудования j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком с требованиями технического задания по этим характеристикам. Для этого строится табл.3.1

Таблица 3.1.

Оценка оборудования на основе технического задания.

Характеристики	...	Оборудование jp	...
...	
Характеристика i	...	a_{ijp}	...
...
Суммарная оценка	...	$\sum_{i=1}^n a_{ijp}$	...

где a_{ijp} – балл сравнительной оценки i -й характеристики рассматриваемого j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком относительно требований к данной характеристике в техническом задании;

n – количество оцениваемых характеристик;

m – количество рассматриваемого при выборе оборудования;

u – количество поставщиков, поставляющих рассматриваемое для выбора оборудование, $i = 1 \dots n, j = 1 \dots m, p = 1 \dots u$;

$\sum_{i=1}^n a_{ijp}$ – суммарная оценка j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком по всем n рассматриваемым характеристикам.

Непосредственно оценивание и выставление балльных оценок основывается на следующих условиях, указанных в формуле (3.2):

$$a_{ijp} = \begin{cases} 1 & \text{если } h_{ijp} = h_{iT} \\ 2 & \text{если } h_{ijp} > h_{iT} \\ 0 & \text{если } h_{ijp} < h_{iT} \end{cases} \quad (3.2)$$

Где h_{ijp} – значение i -й характеристики для j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком;

h_{iT} – значение i -й характеристики в соответствии с требованием технического задания.

Более просто, смысловую нагрузку оценок можно передать следующим образом:

- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования поставляемого p -м поставщиком полностью совпадает с требованием технического задания на техническое перевооружение – ставится балл 1;
- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования поставляемого p -м поставщиком выше, чем того требует техническое задание – ставится 2 балла;
- если i -я характеристика j -го рассматриваемого оборудования поставляемого p -м поставщиком не удовлетворяет техническому заданию – ставится 0 баллов.

Итогом проведенной оценки на данном этапе является суммарная оценка каждого j -го рассматриваемого оборудования, поставляемого p -м поставщиком, по всем характеристикам, требования к которым предъявлены в техническом

задании на техническое перевооружение. Суммарное количество баллов, получаемое оборудованием в итоге, зависит от уровня соответствия характеристик рассматриваемых кандидатов требованиям технического задания.

Шестой этап предназначен для оценки стоимости контракта на поставку рассматриваемого оборудования. Речь идет именно о целостном контракте на поставку, так как именно в контракте или коммерческом предложении на поставку поставщик указывает как характеристики оборудования, так и возможные к предоставлению услуги, которые входят в критерии оценки поставщика. Соответственно и стоимость контракта варьируется, в зависимости от наличия услуг и иных параметров (сроки поставки, гарантия, условия поставки и проч.). Непосредственно сама оценка поставщиков будет представлена на следующем этапе. Здесь же, каждое j -е оборудование поставляемого p -м поставщиком получит балльную оценку стоимости своего контракта на поставку (коммерческого предложения).

Процесс оценки стоимости контрактов на поставку оборудования начинается с ранжирования и определения контракта с наибольшей и с наименьшей стоимостью. После этого проводится расчет, по формуле (3.3):

$$\max s_{jp} - \min s_{jp} = S \quad (3.3)$$

где $\max s_{jp}$ – наибольшая стоимость контракта на поставку j -го рассматриваемого оборудования p -м поставщиком;

$\min s_{jp}$ – наименьшая стоимость контракта на поставку j -го рассматриваемого оборудования p -м поставщиком;

S – основной промежуток распределения стоимости контрактов на поставку рассматриваемого оборудования.

Далее, необходимо определить размер балльной шкалы оценивания Y , который определяется по формуле (3.4):

$$Y = m + 2 \quad (3.4)$$

где m – количество рассматриваемого оборудования, $Y \in N$.

Следующим шагом, определяем шаг промежутков, чтобы разделить основной промежуток распределения стоимости оборудования на меньшие числовые промежутки, а каждому полученному промежутку присвоить свою собственную балльную оценку, в соответствие со шкалой Y . Соответственно, шаг промежутков определяем по формуле (3.5):

$$V = S / Y \quad (3.5)$$

где V – шаг промежутков.

С помощью полученного значения V и ранее определенных значений размера шкалы получаем Y промежутков, на основании которых будет производиться оценка стоимости рассматриваемого оборудования:

$$[\min s_{jp} ; \min s_{jp} + V], (\min s_{jp} + V; \min s_{jp} + 2V] \dots (\min s_{jp} + (Y - 1) * V; \min s_{jp} + Y * V],$$

*при этом, $(\min s_{jp} + Y * V) = \max s_{jp}$.*

Полученным промежуткам необходимо присвоить баллы, по шкале, от меньшего, к большему. Оборудованию с наименьшей стоимостью контракта на поставку ($\min s_{jp}$) (соответственно и промежутку, в который включена цена контракта этого оборудования) сразу присваивается наименьший возможный балл b_{jp} , который, по условиям математической модели (см. формулу 3.1), равен единице. Оборудованию с наибольшей стоимостью контракта на поставку ($\max s_{jp}$) необходимо присвоить наибольшую балльную оценку, равную размеру балльной шкалы Y .

После этого, оценивается оставшееся оборудование. Для этого определяется, в какой из числовых промежутков попадает стоимость j -го оборудования, и данному оборудованию выставляется балльная оценка b_j , равная присвоенному данному промежутку баллу. Это означает, что если $[\min s_{jp} \leq s_{11} \leq \min s_{jp} + V]$, то $b_{11} = 1$. По такому же принципу оценивается все оставшиеся контракты на поставку оборудования, участвующего в оценке.

На следующем, седьмом этапе, происходит оценка поставщика рассматриваемого оборудования. Для этого строится матрица, аналогичная матрице оценки характеристик оборудования в сравнении с требованиями технического задания. Пример матрицы представлен в табл.3.2.

Таблица 3.2.

Оценка поставщиков на основе технического задания.

Параметры	...	Поставщик pj	...
...
Параметр z	...	c_{zpj}	...
...
Суммарная оценка	...	$\sum_{z=1}^g c_{zpj}$	

где c_{zpj} – балл сравнительной оценки z -го параметра рассматриваемого p -го поставщика, поставляющего j -е оборудование относительно требований к данному параметру в техническом задании;

g – количество оцениваемых параметров;

m – количество рассматриваемого при выборе оборудования;

u – количество поставщиков, поставляющих рассматриваемое для выбора оборудование;

$z = 1 \dots g, j = 1 \dots m, p = 1 \dots u;$

$\sum_{z=1}^g c_{zpj}$ – суммарная оценка p -го поставщика, поставляющего j -е оборудо-

вание по всем g рассматриваемым параметрам.

Под понятие «параметр» в данном случае подпадают характеристики поставщика и характеристики и условия предоставляемых им услуг в соответствии с контрактом на поставку оборудования. Наиболее часто встречающиеся из них были ранее описаны в начале пункта 3.1.

Непосредственно оценивание и выставление балльных оценок основывается на условиях, аналогичных условиям при оценке характеристик оборудования, по формуле (3.6):

$$c_{zpj} = \begin{cases} 1 & \text{если } t_{zpj} \geq t_{zT} \\ 0 & \text{если } t_{zpj} < t_{zT} \end{cases} \quad (3.6)$$

где t_{zpj} – значение z -го параметра для p -го поставщика, поставляющего j -е оборудование;

t_{zT} – значение z -го параметра в соответствии с требованием технического задания.

Смысловую нагрузку оценок можно передать следующим образом:

- если z -й параметр p -го поставщика, поставляющего j -е оборудование, полностью удовлетворяет требованиям технического задания на техническое перевооружение – ставится балл 1;
- если z -й параметр p -го поставщика, поставляющего j -е оборудование, не удовлетворяет требованиям технического задания на техническое перевооружение – ставится 0 баллов.

Итогом проведенной оценки на данном этапе является суммарная оценка каждого p -го поставщика, поставляющего j -е оборудование, по всем параметрам, требования к которым предъявлены в техническом задании на техническое перевооружение. При этом, если один поставщик может поставить две различные единицы оборудования, то такой поставщик проходит оценку два раза, сначала в соответствии с контрактом на поставку одной единицы оборудования, потом – второй, так как условия поставки для разных единиц оборудования могут отличаться, а, следовательно, будут отличаться и результирующие балльные оценки по требуемым в техническом задании параметрам. Суммарное количество баллов, получаемое поставщиком в итоге, зависит от уровня соответствия параметров рассматриваемых кандидатов требованиям технического задания.

Следующий этап, восьмой, необходим для определения весов критериев, используемых в математической модели, с помощью метода парного сравнения критериев [24,48,49,53]. Для этого составляется матрица $\|k_{el}\|$ размерностью, равной количеству критериев. Матрица заполняется коэффициентами k_{el} , которые показывают предпочтение критерия e относительно критерия l , $e = 1 \dots r$, $l =$

$1 \dots r$, r – количество критериев математической модели, в данном случае – 3. Матрица выглядит следующим образом, представленным в формуле (3.7):

$$k_{el} = \begin{vmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{vmatrix} \quad (3.7)$$

При использовании данного метода, значения коэффициентов определяется по следующим условиям [53], указанным в формуле (3.8):

$$k_{el} = \begin{cases} 1 & \text{если критерий } e \text{ более важен чем критерий } l \\ 0 & \text{если критерий } e \text{ менее важен чем критерий } l \\ 0,5 & \text{если критерий } e \text{ и } l \text{ имеют одинаковую важность} \end{cases} \quad (3.8)$$

При этом должно выполняться условие $k_{el} + k_{le} = 1$.

Основываясь на построенной и заполненной матрице, рассчитывается суммарный уровень важности каждого критерия, по формуле (3.9):

$$k_e = \sum_{l=1}^r k_{el} \quad (3.9)$$

где k_e - суммарный уровень важности каждого критерия, $e = 1 \dots r$, $l = 1 \dots r$.

Зная суммарный уровень важности каждого критерия, можно рассчитать суммарный уровень важности всех критериев, по формуле (3.10):

$$k_c = \sum_{e=1}^r k_e \quad (3.10)$$

где k_c - суммарный уровень важности всех критериев, $e = 1 \dots r$.

Получив все необходимые данные из предыдущих расчетов, находим вес каждого критерия, по формуле (3.11):

$$\alpha_e = \frac{k_e}{k_c} \quad (3.11)$$

где α_e - вес критерия e , $e = 1 \dots r$, $\sum_{e=1}^r \alpha_e = 1$.

Определение весов критериев проводится уполномоченным экспертом предприятия, имеющим информацию об экономической ситуации, и способным правильно оценить и расставить приоритеты при выборе оборудования и его поставщика в определенный момент жизни предприятия.

После определения весовых коэффициентов критериев математической модели, можно переходить к заключительному этапу – расчету значений целевой функции, построению графика и определению оптимального набора оборудования – поставщик. Значения целевой функции рассчитываются на основе определенных ранее значений критериев - x_1 - множество оценок характеристик рассматриваемого оборудования, x_2 - множество оценок стоимости контракта на поставку рассматриваемого оборудования, x_3 – множество оценок поставщика рассматриваемого оборудования, и их весов. Путем подстановки, рассчитываются значения целевой функции $f(x)$ для всех единиц рассматриваемого оборудования. Результаты рекомендуется заносить в таблицу, пример представлен в табл.3.3.

Таблица 3.3.

Значения целевой функции.

Оборудование	Значение критерия 1	Значение критерия 2	Значение критерия 3	Значение функции
...
Оборудование j_p	x_{1j_p}	x_{2j_p}	x_{3j_p}	$f_{j_p}(x)$
...

где $f_{j_p}(x)$ – значение целевой функции для j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком;

x_{1j_p} – балльная оценка характеристик j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком;

x_{2j_p} - балльная оценка стоимости контракта на поставку j -го оборудования поставляемого p -м поставщиком;

x_{3j_p} – балльная оценка p -го поставщика j -го оборудования,

m – количество рассматриваемого при выборе оборудования,

u – количество поставщиков, поставляющих рассматриваемое для выбора оборудование, $j = 1 \dots m$, $p = 1 \dots u$

После получения значений целевой функции, необходимо построить график, где, по оси абсцисс необходимо расположить наименования j -го оборудования поставляемого p -ми поставщиками, по оси ординат – расчетные значения целевой функции. Исходя из условий математической модели, оптимальным будет то сочетание оборудование-поставщик, для которого значение целевой функции будет наибольшим. Стоит отметить, что различные наименования оборудования могут быть поставлены одним и тем же поставщиком, что при этом не вносит никаких разногласий в математическую модель.

Таким образом, представленная математическая модель полностью охватывает 4 этап проведения технического перевооружения как инструментального, так и любого другого производства, связанный с выбором и закупкой оборудования. Модель позволяет оценить и оборудование, и поставщика оборудования в соответствии с требованиями технического задания на техническое перевооружение, и быстро и эффективно принять решение о закупке. При этом, основной упор сделан не именно на объективные требования технического задания, а экспертное мнение применяется лишь единожды, в целях определения весов используемых в модели критериев.

Далее в данной главе будет рассмотрен пример апробации модели на предприятии ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ».

3.2. Пример использования математической модели выбора оборудования и поставщика при техническом перевооружении инструментального производства предприятия ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ»

3.2.1. Краткое описание предприятия

Предприятие, о котором далее пойдет речь, является составляющей Холдинга «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ». Холдинг имеет более чем 125-летнюю историю и является многопрофильным, включая в себя 3 дивизиона: производ-

ственный дивизион; дивизион управления недвижимостью; гостинично-туристический дивизион.

Представленные дивизионы объединяют 45 организаций, в том числе: механообрабатывающие и механосборочные производства, производство литевых изделий из пластмасс, деревообрабатывающее производство, опытное и инструментальное производства, компании по разработке программного обеспечения, типография, детский оздоровительный лагерь, базы отдыха, гостиницы, строительные и обслуживающие предприятия.

Производственный дивизион – это фундаментальное направление ХОЛДИНГа, крупнейшим и базовым предприятием которого является ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», специализирующееся на разработке и производстве продукции точного приборостроения. Кроме ОАО в состав промышленного дивизиона входят 6 средних и малых производственных компании, которые обладают широкими компетенциями в изготовлении различной номенклатуры продукции, включая: полиграфическое оборудование для оснащения малых и средних типографий, светодиодную технику, оборудование для пищевой промышленности и организаций общественного питания, изделий из пластмасс, мебели.

На текущий момент, основным направлением деятельности предприятия ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ» является выпуск широкой номенклатуры изделий, предназначенных, в том числе, и для работы в жестких механико-климатических условиях. Предприятие выпускает изделия специальной связи 5 поколения, принтеры межвидового применения монохромной и цветной печати, уничтожители бумажных носителей информации, предназначенные для физического разрушения документации на фрагменты не более 1мм², универсальные носители информации с возможностью установки пароля на доступ к памяти, а также другое оборудование для использования в жестких механико-климатических условиях. При разработке и производстве продукции предприятие большое значение уделяет применению отечественных комплектующих.

Имеется целая линейка изделий, выполненных без использования импортных комплектующих.

Предприятие уделяет особое внимание развитию инновационной деятельности и ведению конструкторских разработок своими силами и совместно с научно-исследовательскими учреждениями.

В структуру предприятия входят:

- основное производство;
- два собственных конструкторских бюро;
- подразделение технологов;
- экспериментально-измерительные лаборатории;
- опытное и инструментальное производство;
- служба качества.

Такая развитая и полная структура позволяет обеспечивать полный цикл изготовления изделий с момента его разработки до поддержки серийного выпуска.

Далее рассмотрим применение представленной математической модели при техническом перевооружении инструментального производства на предприятии ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ».

3.2.2. Пример применения математической модели.

Инструментальное производство на ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ» представлено инструментальным участком, входящим в состав опытного производства. Причиной необходимости технического перевооружения является постоянная разработка и выпуск новой техники, с усложнением конструкции изделий, в связи с чем, предъявляются более жесткие требования к технологической оснастке. Исходя из этого, внедрение современного оборудования позволит повысить качество и скорость изготовления деталей технологической оснастки.

Таким образом, основной целью проекта технического перевооружения инструментального производства на предприятии ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФ-

МАШ» является обеспечение экономической устойчивости функционирования предприятия за счет возможности применения собственных высокотехнологичных средств производства при изготовлении продукции.

Далее, на основе технического задания на техническое перевооружение предприятия, начинается использование математической модели для выбора оптимального оборудования и его поставщика. Техническое задание представлено в приложении 1. Для удобства, далее техническое задание будет именоваться сокращенно – ТЗ. В ТЗ в качестве требуемого оборудования указаны три типа оборудования, в примере оцениваться будет один из них - универсальный вертикально-фрезерный станок, с высоким классом точности, предназначенный для инструментальных и точных работ.

Процесс выбора будет проходить в 9 этапов, в соответствии с представленной в пункте 3.1 математической моделью. Первый этап – определение оцениваемых характеристик оборудования. Исходя из данных ТЗ, требования к характеристикам станка следующие:

- размеры стола не менее 400*700 мм;
- частота вращения шпинделя не менее 2000 об/мин.;
- возможность поворота головки вокруг горизонтальной оси на угол 90 градусов;
- жесткая конструкция станины;
- вес меньше 2,5 т;
- габариты не более 1700*1700*2300 мм;
- наличие универсальной делительной головки (УДГ);
- наличие поворотного стола;
- наличие устройства цифровой индикации (УЦИ);
- страна происхождения – Германия, Швейцария, Англия, Чехия, Япония, Корея. В случае неудовлетворения требованиям ТЗ, возможно Китай или Тайвань;
- наличие базового комплекта СОЖ;

- наличие базового комплекта инструмента;
- наличие базового комплекта станочной оснастки.

Соответственно, имеется 13 общих и технических характеристик оборудования, к которым представлены требования. Следовательно, $n=13$.

Второй этап математической модели – определение характеристик и требований, предъявляемых к поставщику оборудования. В ТЗ имеются следующие требования:

- поставщик должен являться официальным дилером производителя оборудования, уполномоченным на заключение договора поставки, пуско-наладку
- условия поставки – DDP;
- гарантийный срок не менее 12 месяцев с момента установки;
- срок поставки не более 9 календарных месяцев;
- срок ввода в эксплуатацию не более 1 календарного месяца;
- наличие гарантийного сервиса;
- наличие постгарантийного сервиса;
- наличие обучения.

Итого, имеется 8 характеристик и требований, предъявляемых к поставщику, т.е. $g = 8$.

Третий этап – определение оборудования, участвующего в оценке, и его количества. В данном случае, в оценке будут участвовать три наименования оборудования, от трех разных поставщиков. То есть, $m = 3$. В целях сохранения конфиденциальности и недопустимости рекламы или антирекламы, в работе не будут указаны точные наименования оборудования или поставщиков. Оборудование будет пронумеровано от 1 до 3, как и поставщики.

Четвертый этап – определение поставщиков и их количества. Как уже было заявлено в предыдущем абзаце, для оценки и выбора будут рассматриваться три различных поставщика, то есть $u = 3$. По ранее озвученным причинам, поставщики будут рассматриваться анонимно, их нумерация от 1 до 3 бу-

дет соответствовать нумерации оборудования, то есть оборудование 1 будет поставляться поставщиком 1, и так далее.

Пятый этап – оценка характеристик рассматриваемого оборудования, в сравнении с требованиями ТЗ. Для этого, в соответствие с математической моделью, строится таблица и производится оценка (см. табл.3.4). В таблице будут указываться наименования характеристик, все требования по этим характеристикам описаны ранее. Оценка проходит по условиям математической модели, указанным в пункте 3.1.

Таблица 3.4.

Балльная оценка характеристик оборудования.

№	Характеристики	Оборудование №	Оборудование №	Оборудование №
		1.1	2.2	3.3
1.	Размер стола	2	2	0
2.	Частота вращения шпинделя	1	1	1
3.	Угол поворота головки	0	0	1
4.	Жесткость станины	1	1	1
5.	Вес	1	1	1
6.	Габариты	1	1	1
7.	Наличие УДГ	1	1	1
8.	Поворотный стол	1	1	0
9.	Наличие УЦИ	1	1	0
10.	Страна производитель	1	1	1
11.	Наличие СОЖ	1	1	1
12.	Наличие комплекта инструмента	1	1	1
13.	Наличие комплекта оснастки	1	1	1
	Суммарная оценка	13	13	10

Оборудование нумеруется двойными индексами, к примеру 1.1, так как, по требованиям математической модели, необходимо указывать индекс и обо-

рудования и поставщика. Для более полного понимания проведем расшифровку: оборудование 1.1 – оборудование №1 поставляемое поставщиком №1.

В результате оценки, проведенной в таблице 12, видно, что первые два наименования оборудования (1.1 и 2.2), получили равное количество баллов. При этом по характеристикам размера стола данное оборудование превосходит требования ТЗ, однако по углу поворота головки – не удовлетворяет. Оборудование 3.3 не удовлетворяет ТЗ по требованиям наличия УЦИ, наличия поворотного стола, габаритам стола. В результате этого, оборудование 3.3 получило наименьшую суммарную оценку, равную 10 баллам. Оборудование 1.1 и 2.2 получили одинаковые оценки, равные 13 баллам.

Шестой этап оценки – оценки стоимости контрактов на поставку рассматриваемого оборудования. Для рассматриваемого оборудования имеются следующие стоимости контрактов:

- оборудование 1.1 – 2 342 842 рублей;
- оборудование 2.2 – 2 667 927 рублей;
- оборудование 3.3 – 1 923 700 рублей;

Далее, проводим определение промежутка распределения стоимости, путем вычитания минимальной стоимости рассматриваемого оборудования из максимальной. У нас это стоимости оборудования 3.3 и оборудования 2.2 соответственно. В результате получен промежуток распределения стоимости - $S = 744227$.

В соответствие с математической моделью, определяем размер балльной шкалы оценивания(Y): $Y=5$.

Далее определяется шаг промежутков распределения стоимости (V), $V = 148845,4$.

Таким образом, можно получить 5 промежутков распределения стоимости, и присвоить им балльные значения от 1 до 5, и далее на их основе произвести оценку стоимостей контрактов на поставку оборудования. Для удобства, занесем данные по полученным промежуткам в табл.3.5.

Таблица 3.5.

Промежутки распределения стоимости.

№	Начало промежутка	Окончание промежутка	Балльная оценка
1.	1923700	2072545,4	1
2.	2072545,4	2221390,8	2
3.	2221390,8	2370236,2	3
4.	2370236,2	2519081,6	4
5.	2519081,6	2667927	5

В соответствие с математической моделью, оборудованию с наибольшей и наименьшей стоимостью контракта сразу присваиваются наибольший и наименьший балл соответственно. Стоимость контракта оставшегося оборудования, а это оборудование 1.1, попадает в промежуток №4, следовательно, получает оценку в 3 балла.

Итого, в ходе оценки стоимости контрактов на поставку оборудования, получены следующие оценки:

- Оборудование 1.1 – 3 балла;
- Оборудование 2.2 – 5 баллов;
- Оборудование 3.3 – 1 балл.

Переходим к седьмому этапу – оценка характеристик и услуг рассматриваемых поставщиков, в соответствие с требованиями ТЗ. Как уже говорилось ранее, в оценке у нас участвуют 3 поставщика – поставщик 1.1, поставщик 2.2, поставщик 3.3. В соответствие с математической моделью, для оценки поставщиков необходимо построить таблицу, идентичную таблице 3.2 пункта 3.1. В табл.3.6 представлена непосредственно оценка характеристик и услуг рассматриваемых поставщиков, в соответствие с механизмом оценки, описанном в математической модели, в пункте 3.1.

Таблица 3.6.

Оценка рассматриваемых поставщиков в соответствии с требованиями
ТЗ.

№	Параметры	Поставщик 1.1	Поставщик 2.2	Поставщик 3.3
1.	Официальный дилер	1	1	1
2.	Условия поставки	1	1	1
3.	Гарантийный срок	1	1	1
4.	Срок поставки	1	1	0
5.	Срок ввода в эксплуатацию	1	1	1
6.	Наличие гарантийного сервиса	1	1	1
7.	Наличие постгарантийного сервиса	1	1	1
8.	Наличие обучения	0	0	0
	Суммарная оценка	7	7	6

Как видно из табл.3.6, оцениваемые поставщики получили примерно одинаковое количество баллов. Учитывая количество критериев, и методику оценки, в соответствии с математической моделью, максимальный балл, который мог получить поставщик – 8 баллов. Поставщики 1.1 и 2.2 получили по 7 баллов, так как в их коммерческих предложениях отсутствует возможность обучения, включенная в стоимость. Поставщик 3.3, помимо отсутствия обучения, так же не удовлетворяет по требованиям к сроку поставки, в связи с чем, получает только 6 баллов в ходе оценки.

Далее, переходим к предпоследнему, восьмому этапу оценки – определению весов критериев математической модели, с помощью метода парного сравнения критериев. Для этого, в соответствии с математической моделью, строится матрица парного сравнения критериев, которая заполняется уполномоченным экспертом предприятия. В данном примере, в качестве эксперта выступает главный инженер ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», кандидат экономических наук.

В табл.3.7 представлена матрица, заполненная экспертом. В соответствие с математической моделью, критериями являются: x_1 - множество оценок характеристик рассматриваемого оборудования, x_2 - множество оценок стоимости контракта на поставку рассматриваемого оборудования, x_3 – множество оценок параметров поставщика рассматриваемого оборудования.

Таблица 3.7

Матрица определения весов критериев.

	x_1	x_2	x_3	k_e
x_1	0,5	1	0,5	2
x_2	0	0,5	0	0,5
x_3	0,5	1	0,5	2
Суммарный уровень важности всех критериев, k_c				4,5

В табл.3.7 в 5 столбце, для удобства представления информации, в соответствие с математической моделью, сразу рассчитаны значения k_e - суммарный уровень важности каждого критерия e , $e = 1 \dots r$, r – количество критериев математической модели, в данном случае – 3. Так же, рассчитан суммарный уровень важности всех критериев, равный 4,5.

Основываясь на полученных данных, по формуле (3.11) определяем вес каждого критерия (α_e):

- $\alpha_1 = 0,44$;
- $\alpha_2 = 0,12$;
- $\alpha_3 = 0,44$.

Как видно из полученных весов критериев, критерии балльной оценки характеристики оборудования и балльной оценки параметров поставщика получили одинаковые веса – 0,44. Критерий оценки стоимости оборудования, в свою очередь, получил вес, равный 0,12. В сумме все веса дают значение 1, что удовлетворяет ограничениям математической модели.

После определения весов критериев, можно переходить к финальному этапу оценки - расчету значений целевой функции, построению графика и

определению оптимального набора оборудования – поставщик. Для этого, необходимо собрать в таблице все значения критериев, и рассчитать значения целевой функции. Все это представлено в табл.3.8.

Таблица 3.8

Расчет значений целевой функции.

Оборудование	Значение x_1	Значение x_2	Значение x_3	Значение функции
Оборудование 1.1	13	3	7	8,44
Оборудование 2.2	13	5	7	8,2
Оборудование 3.3	10	1	6	6,92

Уже основываясь на полученных в таблице значениях целевой функции, можно сделать определенные выводы. Однако, для большей наглядности, и исходя из условия применения математической модели, построим график функции, на основе полученных значений. Результат представлен на рис. 3.2.

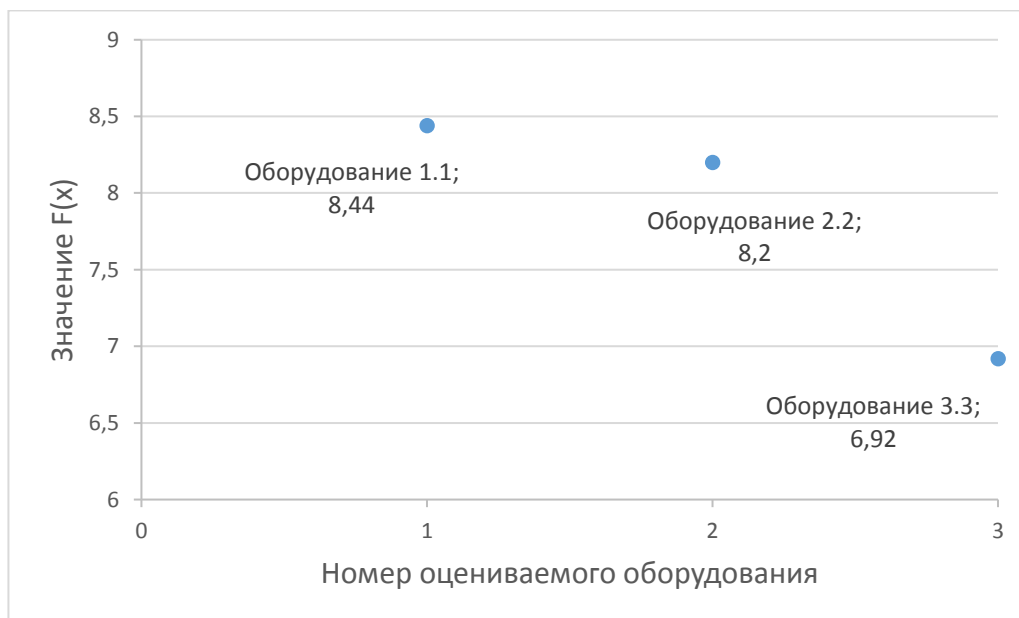


Рис.3.2. Графическое представление значений целевой функции.

Как видно из рис.3.2, наибольшее количество баллов получило оборудование 1, поставляемое поставщиком 1. Исходя из этого, и в соответствие с математической моделью, оборудование 1, поставляемое поставщиком 1, является

ся, в данных условиях, оптимальным для закупки в процессе технического перевооружения предприятия.

Стоит отметить, что, несмотря на то, что оборудование 2, поставляемое поставщиком 2, также, как и оборудование 1.1, по большей части удовлетворяет требованиям ТЗ, но, более высокая стоимость контракта на поставку данного оборудования снизила его итоговую балльную оценку.

Полученные в ходе процесса оценки данные, позволяют руководству предприятия либо принять решение о проведении закупки оборудования, получившего, по результатам оценки, высший балл и считающегося оптимальным, либо принять решение о дополнительном поиске оборудования и поставщиков, с целью обнаружения единиц оборудования, которые будут удовлетворять требования ТЗ в большей степени, чем выбранное текущее оптимальное оборудование. При этом уже оцененное оборудование, признанное оптимальным, будет второй раз участвовать в оценке.

Таким образом, с помощью одного или нескольких этапов оценки, можно определить оборудование, оптимальное для предприятия в данной ситуации. При этом, все этапы оценки по требуемым в ТЗ характеристикам и параметрам представлены таблично и структурированы, что, при необходимости, позволяет предоставить определенным поставщикам дополнительные требования (скидки, дополнительная оснастка, обучение и прочее), тем самым максимально оптимизировать конечные контракты на поставку под требования ТЗ.

Дополнительно к выше указанной информации, одними из положительных моментов представленной в пункте 3.1 математической модели являются минимизация экспертной оценки и возможность включения модели в систему управления предприятием. При включении модели отдельным блоком, к примеру, «блок выбора оборудования и поставщика», в систему управления предприятием, можно минимизировать время обсуждения и принятия решений о закупке оборудования среди высшего управленческого звена предприятия. Проведенный анализ, полученные итоговые и промежуточные результаты, будут определены в системе и видны для всех участвующих в принятии решения лиц.

Можно так же отметить, что математическая модель достаточно подробно и четко описана, имеет все необходимые ограничения, что облегчит ее перевод в электронный вид.

Таким образом, в третьей главе данной работы была в общем виде представлена математическая модель выбора оборудования и его поставщика в ходе технического перевооружения предприятия, а, так же, пример использования этой модели в процессе технического перевооружения инструментального участка на предприятии ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ».

Как видно из примера, разработанная математическая модель позволяет полностью охватить процесс выбора оптимального оборудования для закупки в ходе технического перевооружения предприятия. Модель позволяет структурировать информацию, проводить оценку как оборудования, так и поставщика этого оборудования, и стоимости контракта на поставку поставщиком рассматриваемого оборудования. Это позволяет снизить время на принятие решения по закупке, унифицировать процесс оценки и выбора оборудования и облегчить его.

Структурирование информации в таблицы помогает в скором определении дополнительных требований к поставщикам и оборудованию, облегчению восприятия результатов оценки высшим управленческим персоналом. При этом, модель является достаточно универсальной, может быть применима для оценки любого типа оборудования при любых условиях, не нарушающих ограничения модели.

В общем и целом, можно считать цели работы достигнутыми.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе магистра, в соответствии с целью работы было поставлено пять основных задач, требующих решения. Далее, будут кратко рассмотрены основные результаты и итоги решения поставленных задач.

Получены следующие результаты:

1. Выполнено исследование и анализ понятия процесса «техническое перевооружение», определены его цели и задачи. В ходе исследования была определена суть процесса технического перевооружения, как нелинейного, замкнутого цикла, состоящего из нескольких этапов, были выявлены основные принципы и методы проведения технического перевооружения. Основываясь на представленной информации, можно сделать вывод, что предприятия должны участвовать в процессе технического перевооружения постоянно, регулярно искать новые возможности для улучшения и оптимизации собственных производственных мощностей, дабы оставаться конкурентно - способными в существующих реалиях постоянного развития науки и техники и жесткой рыночной конкуренции.
2. Определено понятие «инструментальное производство» на предприятии. Определен смысл и состав данного понятия. Изучены состав и структура инструментального хозяйства предприятия в общем виде, описаны основные задачи, решаемые инструментальным хозяйством предприятия.
3. Проведен анализ существующих моделей и методов выбора оборудования. Далее, была разработана и представлена математическая модель оценки и выбора оборудования при техническом перевооружении предприятия. Разработанная модель эффективно структурирует и упрощает процесс оценки и выбора оборудования. Модель представлена в виде задачи многокритериальной оптимизации.

4. Проведен анализ существующих моделей и методов выбора поставщика. Далее, была разработана и представлена математическая модель оценки и выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия. Разработанная модель эффективно структурирует и упрощает процесс оценки и выбора поставщика. Модель основывается на методе экспертных оценок.
5. Разработана и представлена математическая модель выбора оборудования и поставщика оборудования. Разработанная модель позволяет структурировать и стандартизировать процесс оценки оборудования и поставщика оборудования, в сравнении с требованиями технического задания на техническое перевооружение предприятия. Модель представлена в виде задачи многокритериальной оптимизации.

Основными положительными сторонами разработанной математической модели выбора оборудования и поставщика, являются возможность четко структурировать и оценивать необходимые по техническому заданию характеристики и параметры, как выбираемого оборудования, так и поставщика данного оборудования. Привязка модели к требованиям технического задания, а не к каким-либо выбираемым критериям, делает ее максимально точно отображающей требования и нужды предприятия.

Так же, модель позволяет визуализировать полученные оценки на графике, что упрощает восприятие конечных результатов. Наличие таблиц, построенных по одному типу (первый столбец – характеристики, далее – оценки) упрощает и ускоряет проведение оценки, восприятие и понимание промежуточных результатов, позволяет проводить дополнительный анализ (если требуется) каждой единицы оборудования и каждого поставщика, с целью дальнейшего составления дополнительных запросов по оборудованию или предоставляемым услугам.

При расчете итоговой оценки для каждого контракта на поставку оборудования используются весовые коэффициенты, определяемые уполномоченным

экспертом предприятия. С одной стороны, это в определенной мере способствует субъективизации оценки. С другой стороны, это позволяет более точно указывать важности различных критериев для предприятия на текущий момент, делает модель более гибкой, подстраиваемой под текущие потребности предприятия.

Дополнительно можно отметить, что математический аппарат модели достаточно понятен и прост, что улучшает его применимость, так как не требует от работника углубленных математических знаний и умений.

В довершение к выше сказанному, полученная модель может быть без особых проблем включена в систему электронного управления предприятием, ввиду полного описания, наличия логичных и взаимосвязанных ограничений и общей понятности действия.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что полученную и описанную математическая модель выбора оборудования и поставщика можно рекомендовать к использованию в процессе выбора оборудования и его поставщика при техническом перевооружении предприятия. Показанный пример использования модели при техническом перевооружении инструментального производства на предприятии ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ» полностью подтверждает сказанное. Математическая модель применима, эффективна и способна оптимизировать и облегчить процесс анализа и структурирования информации и выбора оборудования и его поставщика. А, следовательно, поставленные перед данной работой задачи можно считать выполненными.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Артемова Л. В. Инвестиции и инновации. Словарь-справочник от а до я. – М.: Инфра, 1998. – 208 с.
2. Балдин К.В. Концептуальные основы применения метода экспертного оценивания в предпринимательстве [Текст]: монография / К.В. Балдин. – Ухта: УГТУ, 2016. – 110 с.
3. Баранчикова С. Г. и др. Управление машиностроительным предприятием : учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. – 252 с.
4. Беляков Г.П., Еремеев Д.В. Исследование содержания понятий: техническое перевооружение, техническое переоснащение, модернизация // Вестник СибГУ им. М.Ф. Решетнева. – 2011. – № 3(49). – С. 177 – 182.
5. Беркович М.И., Пуцилло А.Д. Обоснование выбора поставщика полиграфического предприятия // Научный альманах. – 2016. – № 3. – С. 53 – 57.
6. Бирюков В.В. Организационно – экономические изменения и технологическое перевооружение российской промышленности // Вестник СибАДИ. – 2014. – №5(39). – С. 97 – 105.
7. Большой экономический словарь / под ред. А. Н. Азрилияна. 5-е изд. доп. и перераб. – М.: Изд-во ин-та новой экономики, 2002. – 1472 с.
8. Бражников М.А., Сафронов Е.Г., Бабкин А.В. О стратегии технического перевооружения машиностроительного комплекса в условиях импортозамещения // Экономическое возрождение России. – 2017. – №2(52). – С. 114 – 120.
9. Будяков А.Н., Гетманов К.Г., Матвеев М.Г. Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований. // Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии. – 2017. – №2. – С.66 – 71.
10. Гарифуллин Р.Ф., Николаенко Ю.В. Алгоритм технического перевооружения на основе методов планирования инноваций // Вестник экономики, права и социологии. – 2012. – №2. – С. 120 – 126.

11. Данелян Т.Я. Формальные методы экспертных оценок. // Статистика и экономика. – 2015. – № 1. – С. 183 – 187.
12. Иванова М.И. Основные направления технического перевооружения промышленного предприятия // Транспортное дело России. – 2012. – №4. – С. 18 – 19.
13. Иванова М.И. Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок. // Вектор науки ТГУ. – 2013. – №4. – С. 100 – 104.
14. Козин М.Н. Интегральная модель выбора поставщика государственного оборонного заказа с учетом фактора риска. // Финансы и кредит. – 2006. – №29(233). – С.75 – 81.
15. Кондратьева М. Н., Баландина Е. В. Экономика предприятия: учебное пособие. – Ульяновск: Изд-во Ульян. гос-го техн. ун-та, 2011. – 174 с.
16. Кузина О.Н. Реиквипмент (модернизация объекта) как часть функциональной системы строительного переустройства объектов // Мир Науки. – 2013. – №1. – С.80 – 88.
17. Куимова Е.И., Логанина В.И., Учаева Т.В. Применение теории нечетких множеств для выбора поставщика. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №4/4(64). – С.68 – 70.
18. Курзаева Л.В., Овчинникова И.Г., Чичиланова С.А. К вопросу о совершенствовании методики оценки эффективности решения задач управления качеством образования на основе экспертной информации // Фундаментальные исследования. – 2015. – №6. – С.473 – 478.
19. Лещинский Б.С., Конкина Ю.А. Выбор поставщика в условиях разнотипности данных с использованием методов теории нечетких множеств. // Вестник ТГУ. – 2008. – №2(3). – С.44 – 51.
20. Мамонтов В.Д. К вопросу о необходимости технического перевооружения промышленных предприятий // Социально-экономические явления и процессы. – 2011. – Вып. 12. – С. 163 – 167.

21. Медведев С.О., Мохирев А.П., Рогачева С.В. Выбор оптимального оборудования для технического перевооружения на лесопромышленном предприятии // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – №9. – С. 324 – 328.

22. Мешкова Л. Л., Белоус И. И., Фролов Н. М. Организация и технология отрасли: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 168 с.

23. Митрофанов А.Д. Методические подходы к выбору поставщиков в процессе реализации инвестиционного проекта // Казанский экономический вестник. – 2014. – №5(13). – С. 125 – 130

24. Михайлов Я.В. Управленческие решения: пособие для управленцев-практиков. – М.: Изд-во Экономика, 2011. – 143 с.

25. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть вторая от 05.08.2000 №117ФЗ). – URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28165/cf1a9426ba878faee9824672bca283c1420a2b1e/#dst102084 (дата обращения: 01.03.2018).

26. Нефедов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С. Модель выбора оборудования проектного офиса в условиях нечеткой информации // Вестник НТУ «ХПИ». – 2014. – №7(1050). – С. 71 – 76.

27. Нечеухина Н.С., Полозова Н.А. принципиальные подходы к техническому перевооружению машиностроительных предприятий // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (13 ноября 2015 г.): в 3 ч. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – Ч. 3. – С. 77 – 86.

28. Никоненко А.Н. Методы и критерии выбора поставщиков // WORLD SCIENCE:PROBLEMS AND INNOVATIONS. Сборник статей победителей VI международной научно-практической конференции: в 2 частях. Часть 2. – 2016. – С. 60 – 62.

29. Овчинникова Т.И., Погонина Е.М. Метод экспертных оценок при подготовке предприятия к инновационной деятельности с учетом финансовой устойчивости // Энергия XXI век. – 2015. – №2(90). – С. 127 – 138.

30. Озернов Р.С. Менеджмент производства на предприятиях машиностроения: учебное пособие. – Самара: Изд-во Самар. гос-го аэрокосм. ун-та, 2010. – 84 с.

31. Олех Т.М., Оборська Г.О., Колесникова Е.В. Методы оценки проектов и программ // Праці Одеського політехнічного університету. – 2012. – №2(39). – С. 213 – 217.

32. Остапенко С.Н. Модернизация и техническое перевооружение предприятий: методическое пособие. – М.:Инфра – М, 2010. – 80 с.

33. Остапенко С.Н., Ковалев А.П. Определение экономической эффективности проектов по техническому перевооружению промышленных предприятий // Вестник Томского государственного университета. – 2015. – №396. – С. 171 – 177.

34. Панышин И.В. Организация производства: учебное пособие. – Владимир: Изд-во Влад. гос-го ун-та, 2003. – 65 с.

35. Постников В.М., Спиридонов С.Б. Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев // Наука и Образование МГТУ им. Н.Э Баумана. – 2015. – №6. С. 267 – 287.

36. Примакин А.И., Большакова Л.В. Метод экспертных оценок в решении задач обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2012. №1(53). С.191 – 200.

37. Производственный менеджмент: Учебник / Под ред. В. А. Козловского – М.:Инфра-М, 2003. – 574 с.

38. Райзенберг Б. А. Современный экономический словарь. 4-е изд., 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2006. – 485 с.

39. Рузакова О.В., Гурышев А.П. Особенности современного состояния инструментальной промышленности России. // Управленец. – 2012. – № 11. – С. 38 – 41.
40. Семянко А.Г. Об оценке эффективности технического перевооружения // Вопросы современной науки и практики Университет имени В.И.Вернадского. – 2010. – №1-3(28). – С. 146 – 157.
41. Слуцкий В.А., Тетерин Д.Е. Техническое перевооружение – назревшая проблема российской промышленности. Часть 1 // Вестник химической промышленности. – 2014. – №6(81). – С. 41-45.
42. Слуцкий В.А., Тетерин Д.Е., Константинова Ф.С. Техническое перевооружение действующих производств как форма инвестиционной деятельности – история и актуальные вопросы // Вестник Химической Промышленности. – 2013. – №2(71). – С. 12-17.
43. Слуцкий В.А., Тетерин Д.Е., Константинова Ф.С., Титко В.Л., Опапов А.Ю. Техническое перевооружение как наиболее эффективный вид инвестиционной деятельности // – 2013. – №6. – С. 60 – 66.
44. Соловейчик К.А., Левенцов В.А., Фарбер Э.М. Модель выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского Государственного Политехнического Университета. – 2018. – №1. – С. 199-210.
45. Старцев Ю.Н. Результативность производства и компетенции персонала при технико-технологическом перевооружении предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. – 2015. – №18(373). – С.176-181.
46. Степанов В.В. Организация и планирование производства: конспект лекций. – Официальный сайт профессора МГТУ им. Н.Э. Баумана Степанова В.В. – URL: <http://stepanov.niokr.info> (дата обращения: 20.05.18).
47. Сухарев О.С. Промышленность России: проблемы развития и системные решения // Вестник института экономики российской академии наук. – 2016. – №2. – С. 69 – 87.

48. Тихомирова А.Н., Сидоренко Е.В. Модификация метода анализа иерархий Т. Саати для расчета весов критериев при оценке инновационных проектов // *Современные проблемы науки и образования*. – 2012. – №2. – С. 10 – 18.
49. Харитонов С.В. Математические методы в оценке: методическое пособие. – М.:Изд-во Моск. фин.-пром. унив. «Синергия», 2012. – 33 с.
50. Хватов Б.Н., Родина А.А. Проектирование машиностроительного производства. Технологические решения: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – 144 с.
51. Хорев М.А. Современные проблемы развития промышленных предприятий среднего бизнеса // *Современные наукоемкие технологии*. – 2008. – №6. – С. 32-34.
52. Чернышева Т.Ю., Попова О.А. Экспертные методы принятия решений // *Альманах современной науки и образования*. – 2007. – №4(4). – С. 192 – 194.
53. Шилин А.И., Коптелова И.А. Теория принятия решений в проектировании информационно-измерительной техники. – Волгоград:Изд-во ВолГУ, 2012. – 128 с.
54. Юдилевич П.А. Вопрос выбора поставщика как ключевая проблема закупочной логистики // *Современная экономика: проблемы и решения*. – 2011. – № 12. – С. 111-118.
55. Brown T.C., Peterson G.L. An enquiry into the method of paired comparison: reliability, scaling, and Thurstone's Law of Comparative Judgment – методическое пособие. – Fort Collins, CO: Изд-во U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 2009. – 98 с.
56. Dağdeviren M. Decision making in equipment selection: an integrated approach with AHP and PROMETHEE // *Journal of Intelligent Manufacturing*. – 2008. – №4. – С. 397 – 406.

57. Temiz I., Calis G. Selection of Construction Equipment by Using Multi-criteria Decision Making Methods // *Procedia Engineering*. – 2017. – №196 – C. 286 – 293.
58. Tsukida K., Gupta M.R. How to Analyze Paired Comparison Data // *UWEE Technical Report*. – 2011. – №4. – C.2 – 21
59. Tuzkaya G., Gulsun B., Kahraman C., Ozgen D. An integrated fuzzy multi-criteria decision making methodology for material handling equipment selection problem and an application // *Expert Systems with Applications*. – 2010. – №37. – C. 2853-2863.
60. Virender S.P., Ajit P.S. Selection of equipment for Construction of Hilly Road using Multi Criteria Approach // *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – 2013. – №104. – C. 282 – 291.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на

Проект технического перевооружения опытного производства
основным технологическим оборудованием

1. Основания для выполнения работ

- 1.1 Парк основного технологического оборудования предприятия имеет в своем составе станки 1937-2012гг выпуска. Последнее масштабное оснащение завода оборудованием было проведено в 1991-1993гг. Средний период эксплуатации оборудования составляет более 25 лет, что превышает срок его службы. В настоящий момент имеется острая потребность в дооснащении станочного парка современным высокотехнологичным оборудованием для исключения риска возникновения узких мест в производстве и срыва выполнения плана производства в случае вывода имеющегося оборудования из эксплуатации в связи с физическим износом в результате отказа блоков, узлов.
- 1.2 В связи с расширением номенклатуры продукции появилась потребность обработки более габаритных деталей и деталей с повышенной точностью, которые в настоящее время изготавливаются по кооперации другими предприятиями по рыночным ценам по причине отсутствия технической возможности изготовления на имеющемся на предприятии оборудовании. Таким образом, имеется потребность в дооснащении предприятия высокоточным оборудованием с большими рабочими зонами.
- 1.3 В виду наличия инструментального участка, актуальность обновления станочного парка становится более острой. С разработкой и выпуском новой техники, усложнением конструкции изделий, предъявляются более жесткие требования к технологической оснастке. Требуется высокоточное оборудование и соответствующая оснастка к нему. Внедрение современного оборудования позволит повысить качество и скорость изготовления деталей технологической оснастки.

2. Цель проекта

- 2.1 Обеспечение экономической устойчивости функционирования предприятия за счет возможности применения собственных высокотехнологичных средств производства при изготовлении продукции.

3. Тактико-технические требования к оборудованию
 - 3.1 Универсальный вертикально-фрезерный станок. Размеры стола не менее 400x700, частота вращения шпинделя не менее 2000. Станок должен иметь возможность поворота головки вокруг горизонтальной оси на угол 90°, иметь жесткую конструкцию станины, при этом обладать весом не более 2,5 тонн и габаритами не более 1700 x 1700 x 2300 мм, что обусловлено конструктивными особенностями здания цеха. Обязательно наличие в комплектации станка универсальной делительной головки (УДГ), поворотного стола. Желательно наличие устройства цифровой индикации (УЦИ).
 - 3.2 Универсальный токарно-винторезный станок с максимальным диаметром обработки заготовки над станиной до 250мм, длине обработки до 500мм. Возможность нарезки как метрической, так и дюймовой резьбы. Станок должен обладать классом точности– В (высокий), иметь жесткую станину. В комплектации обязательно наличие цангового патрона (с набором цанг), люнетов, планшайбы. Желательно наличие УЦИ и поводкового патрона. Габариты не более 2000x1200x1700 мм.
 - 3.3 Ручной листогибочный станок должен обладать устойчивой и жесткой конструкцией, максимальная толщина сгибаемого металла 2,5мм, длинагиба не более 800мм. В комплектации обязательно наличие сегментной прижимной планки. Габариты станка не более 900x1300x500
4. Общие требования
 - 4.1 Металлообрабатывающие станки должны иметь повышенный или высокий класс точности, относиться к инструментальной группе.
 - 4.2 Страна происхождения оборудования должна соответствовать заявленной производителем оборудования. Предпочтительным к поставке является оборудование производства Германии, Швейцарии, Англии, Чехии, Японии, Кореи. В случае неудовлетворения ТКП (технико-коммерческих предложений) вариантов поставки оборудования требованиям настоящего ТЗ возможна поставка оборудования производства Китая и Тайваня с дополнительной проверкой компетенций производителя.
 - 4.3 Производитель оборудования должен иметь на территории Российской Федерации представительство или официального дилера, уполномоченного на заключение договора поставки оборудования, его пуско-наладку, обучение обслуживающего персонала, гарантийный и послегарантийный сервис.
 - 4.4 Оборудование должно быть новым, не эксплуатировавшимся ранее, и иметь год выпуска на момент поставки не ранее предыдущего календарного года, иметь полную комплектацию, заявленную по паспорту.
5. Технико-экономические требования
 - 5.1 Суммарная стоимость оборудования с учетом доставки, пусконаладочных работ, обучения и дополнительного оснащения не должна превышать 7 000 000 российских рублей.
 - 5.2 Оборудование должно поставляться на условиях DDP до места фактического ввода в эксплуатацию на подготовленные для него площади с подведенными инженерными сетями (электропитание, освещение, сжатый воздух, локальная вычислительная сеть)

- 5.3 Гарантийный срок на каждую единицу оборудования должен составлять не менее 12 месяцев с момента подписания акта выполнения пусконаладочных работ.
- 5.4 Каждая единица оборудования к базовой комплектации должна быть оснащена дополнительными опциями, такими как: транспортная тара в соответствующем сезоне и способу транспортирования климатическом исполнении, комплект документации на русском языке, курс обучения работе на оборудовании, базовый комплект станочной оснастки, базовый комплект инструмента для изготовления тестовой детали, базовый комплект СОЖ.
- 5.5 Внедрение оборудования должно обеспечить улучшение экономических показателей производства продукции за счет технических характеристик самого оборудования, корректировки технологии изготовления деталей с переводом их изготовления на данном оборудовании с экономией трудоемкости, снижения межоперационного пролеживания за счет комплексной обработки детали без дополнительных переналадок, установов и дополнительных операций на других видах оборудования.
- 5.6 Средний срок окупаемости оборудования должен составлять не более 10 лет.
6. На каждую единицу оборудования должно быть разработано технико-экономическое обоснование (ТЭО) соответствия настоящему ТЗ с представлением ТКП.
7. Сроки реализации проекта
- 7.1 ТЭО должно быть представлено на согласование в течение одного месяца с момента утверждения настоящего ТЗ.
- 7.2 В случае принятия ТЭО в течение месяца должны быть оформлены договора на поставку оборудования.
- 7.3 Срок поставки оборудования по договору не должен превышать девять календарных месяцев.
- 7.4 Срок ввода оборудования в эксплуатацию после доставки не должен превышать одного календарного месяца.

Начальник опытного производства

Р.С. Бутин

Согласовано:

Главный инженер

А.С. Лавров