

# ***Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами, системы автоматизации проектирования***

УДК: 681.5.011

DOI:10.30987/2658-6436-2021-1-52-60

А.Г. Бушева, А.Н. Феофанов

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ЭКСПЕРТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ КОРРЕКТИРОВОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРЛИЛЬНОГО КОНДУКТОРА**

*В данной статье представлены основные проблемы, возникающие при эксплуатации сверлильного кондуктора. В работе рассмотрены основные узлы кондуктора и их назначение. Произведен FMEA-анализ, на основе которого выявлены основные риски для потребителя, возникающие в процессе эксплуатации, и предложены корректировочные мероприятия, способные повысить качество изделия. Разобраны основные методы, применяемые для отбора экспертов, а также рассмотрена автоматизированная система отбора экспертов в Российском Научном Фонде. Представлена схема разрабатываемой системы поддержки принятия решений и алгоритм работы автоматизированной системы отбора экспертов, для проведения корректировочных мероприятий, включающий в себя различные методики.*

**Ключевые слова:** автоматизация, эксперт, экспертная оценка, автоматизированная система, алгоритм, кондуктор для сверления.

A.G. Busheva, A.N. Feofanov

## **DEVELOPING THE ALGORITHM OF AN AUTOMATED EXPERT SELECTION SYSTEM FOR CONDUCTING CORRECTION MEASURES TO IMPROVE THE DRILLING JIG PERFORMANCE**

*This article presents the main problems that arise during the drilling jig operation. The paper considers the main nodes of the jig and their purpose. An FMEA-analysis is carried out, on the basis of which the main risks for the consumer arising during the operation are identified, and corrective measures are proposed to improve the product quality. The main methods used for choosing the experts are analyzed, and an automated system for selecting the experts in the Russian Science Foundation is considered. The article presents the scheme of the developed decision support system and the algorithm of the automated system for selecting the experts to carry out corrective measures including various methods.*

**Keywords:** automation, expert, expert judgment, automated system, algorithm, drilljig.

### **Введение**

В современном мире существенное внимание уделяется качеству выпускаемой продукции. Качество, как и конкурентоспособность напрямую зависит от управленческих решений, принимаемых на всех этапах жизненного цикла изделия. После перехода к постиндустриальному обществу, теоретические знания о процессах представляют ключевую ценность для человечества.

Для принятия того или иного управленческого решения нередко привлекаются экспер-

ты, их основной задачей является формирование мнения, с целью последующего принятия решения или выбора. Экспертный метод является одним из самых эффективных, но при этом самым сложно реализуемым, т.к. отбор экспертов достаточно трудоёмкий процесс. Существует огромное количество методов отбора экспертов: документальный, экспериментальный, взаимная оценка и самооценка степени компетентности и объективности. Ни один из этих методов не даёт 100% гарантии в том, что выбранное решение будет верным [1].

Отсутствие автоматизированной системы, способной выбирать необходимых экспертов для оценки по заданным параметрам является причиной неослабевающего интереса исследователей к данной теме. От выбора эксперта, зачастую зависит дальнейшая судьба всего предприятия.

Одним из наиболее часто применяемых приспособлений для повышения точности сверления и сокращения вспомогательного времени является сверлильный кондуктор. Его применяют в крупносерийном и единичном производстве. При этом наиболее часто втулки кондуктора имеют низкую износостойкость. Для этого необходимо решить проблему снижения цены без потери качества.

## 1. Кондуктор для сверления

### 1.1. Устройство и работа изделия

Кондуктор устанавливается на вертикально-сверлильный станок и предназначен для ориентации и зажима детали при сверлении трех отверстий. На рис. 1 изображен такой кондуктор [2].

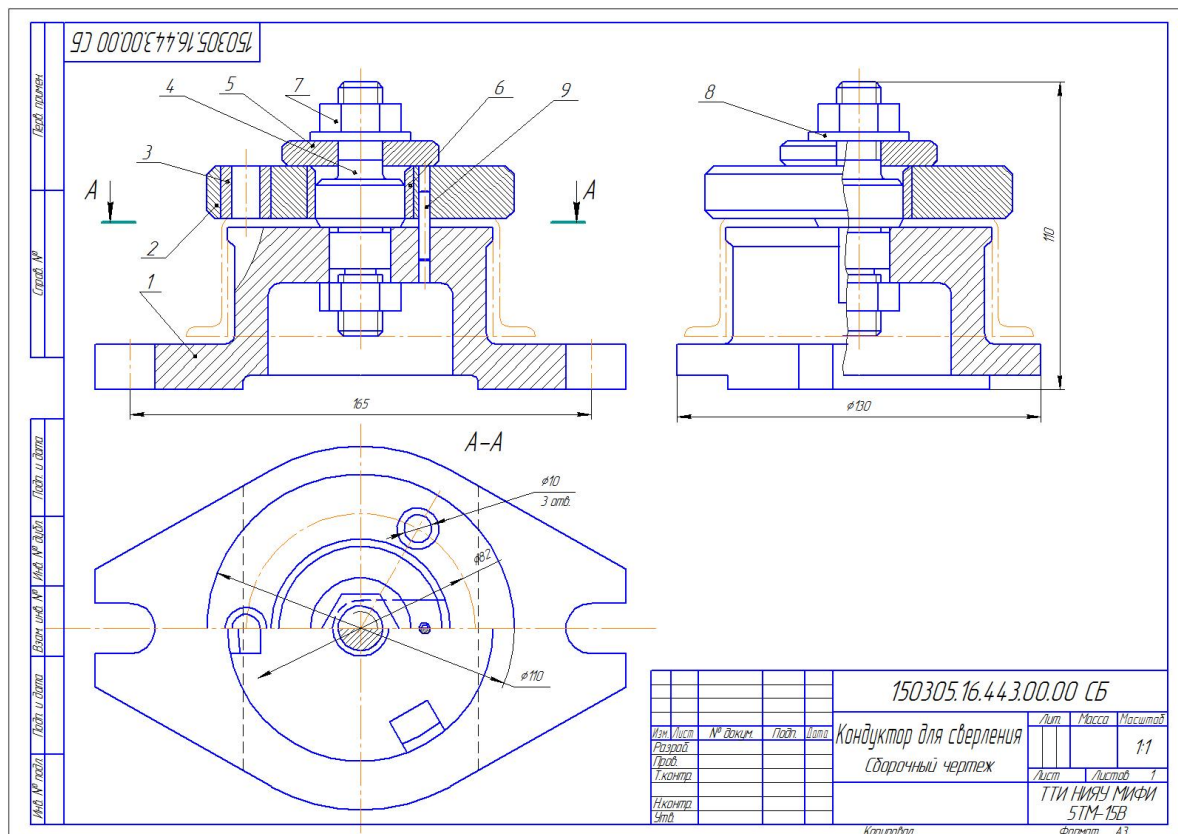


Рис. 1. Кондуктор для сверления

Для изготовления корпуса 1 применяется сталь. Корпус имеет три фрезерованных паза для сверла. Чтобы установить деталь (на чертеже она обозначена тонкой штрихпунктирной

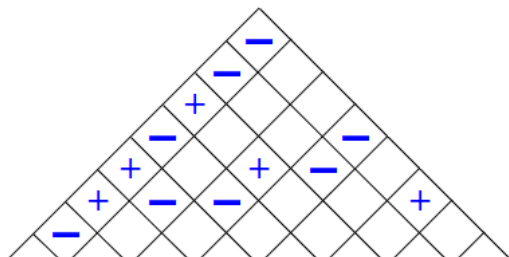
линией) используется верхний цилиндрический поясок.

Для изготовления втулок 7 используется закалённая сталь. Втулки используются для точной установки кондукторной плиты 2, в которую она запрессована, на палец 4.

Кондукторы применяются для обработки отверстий в деталях без предварительной разметки. Обеспечение точности происходит в результате точной взаимной установкой детали и кондукторной плиты. Кондукторы применяются, когда есть необходимость повысить производительность труда и точность.

### 1.2 Определение потребительских свойств выбранного изделия и построение матрицы структурирования функций качества

Для того, чтобы выявить сложности, возникающие у потребителя во время эксплуатации изделия, необходимо выявить взаимосвязи (рис. 3) между характеристиками качества и запросами потребителя. Для решения этой задачи воспользуемся матрицей структурирования функций качества. Этот инструмент позволяет связать оценку потребителя с характеристиками качества проектируемой продукции [3]. Матрица для кондуктора представлена на рис. 2.



				1	2	3	4	5	6	7	8
Направления улучшения				▼	×	▲	▼	×	▲	×	×
Мак коэффициент в ряду	Относительная весомость %	Важность для потребителя	Характеристики качества	Уменьшение массы изделия	Удобный диаметр для крепления для пазов	Качество стали	Уменьшение габарита	Дополнительное отверстие для сверления	Повышение точности резьбы	Держатель	Наличие уровня
			Запрос потребителя	Долговечность кондуктора	Удобство использования корпуса	Более быстрое снятие детали	Небольшая масса	Несколько вариантов отверстий	Удобное хранение	Предложенные улучшения	Сложность реализации улучшения (0-очень легко, 10-почти невозможно)
1	9	21.3	10.0	▲	▲	⊖		⊖	⊖		
2	9	17.0	8.0	⊖	▲	⊖	⊖	⊖		⊖	▲
3	9	14.9	7.0		⊖	▲	▲			⊖	
4	9	19.1	9.0	⊖	▲	⊖	⊖	▲	▲	⊖	⊖
5	9	14.9	7.0				⊖	⊖	⊖		
6	9	12.8	6.0	⊖	▲		⊖			▲	
				500 г	1 см		13 см длина, 14 см ширина	4 отверстия		прямоугольник из стали 4 на 4 см	горизонтальный уровень
				8	4	7	8	3	7	3	2
				9	9	9	9	9	3	9	3
				385.1	204.3	314.9	589.4	395.7	127.7	268.1	74.5
				16.3	8.7	13.3	25.0	16.8	5.4	11.4	3.2

Рис. 2. Матрица структурирования функций качества сверлильного кондуктора

		Коэффициент
⊙	Сильная связь	9
○	Умеренная связь	3
▲	Слабая связь	1
++	Сильная положительная корреляция	
+	Положительная корреляция	
-	Отрицательная корреляция	
▼	Сильная отрицательная корреляция	
▼	Цель-минимизировать	
▲	Цель-увеличить	
X	Добавление новых элементов	

Рис. 3. Условные обозначения взаимосвязей между компонентами

Согласно составлению матрицы структурирования функций качества основными “узкими местами” нашего изделия являются:

- низкая долговечность;
- наличие всего одного варианта для сверления отверстий;
- большая масса.

### 1.2 Проведение FMEA-анализа сверлильного кондуктора и определение возможных рисков потребителей

FMEA (Failure modes and effects analysis) – анализ причин и последствий отказов. Данный метод исследования позволяет выявить потенциальные дефекты и причины их возникновения. Главным преимуществом данного метода является то, что он позволяет выявить проблемы до оказания воздействия на потребителя. Для этого производятся экспертные оценки по следующим параметрам:

- тяжесть последствий для потребителя В – проставляется по 10-ти бальной шкале, если последствия дефекта для потребителя несут юридическую оценку, то присваивается оценка 10;
- частота возникновения дефекта А – проставляется по 10-ти бальной шкале, если частота возникновения дефекта выше, чем  $\frac{1}{4}$ , то присваивается оценка 10;
- вероятность не обнаружения дефекта Е – проставляется по 10-ти бальной шкале, если дефект не может быть выявлен до наступления последствий, то присваивается оценка 10;
- параметр риска потребителя RPZ является произведением всех вышеперечисленных параметров. Дефекты, чей показатель RPZ больше 100 подлежат устранению в первую очередь.

FMEA-анализ сверлильного кондуктора представлен в таблице 1.

На основании FMEA-анализа выявлены основные риски для потребителя:

1. Испорченная поверхность резания.
2. Быстрый износ режущего инструмента.

Самый проблемной частью нашего изделия является втулка. Она оказывает негативное влияние не только на само изделие, но и на режущий инструмент.

Корректировочные мероприятия:

1. Проведение более усиленного контроля закупок материала, а именно стали, из которого изготавливаются втулки.
2. Применение стандартов ИСО-9000 в процессе производства комплектующих и сборки изделия.
3. Ужесточение технического контроля в процессе производства.
4. Проверка работоспособности\правильности функционирования изделия после его изготовления\при его приобретении.
5. Применение новых методов контроля за температурой закалки втулки.

Таблица 1. FMEA-анализ сверлильного кондуктора

Компонент	Потенциальные дефекты	Потенциальные причины	Потенциальные последствия	Возможная диагностика	A	B	E	RPZ
1. Корпус	Корпус недостаточно прочно удерживает остальные элементы	1.Неправильный выбор материала 2. Большая погрешность при изготовлении 3.Износ корпуса	1.Увеличение погрешности при сверлении 2.Поломка кондуктора	Входной, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	5	7	2	70
2. Плита кондукторная	Недостаточно прижимает деталь	1.Неправильный выбор массы 2.Некорректно подобран размер детали	1.Некорректная работа режущего инструмента. 2.Увеличение погрешности при сверлении	Весовой контроль, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	4	5	4	80
3. Втулки кондукторные	Неправильное направление сверла при сверлении	1.Некачественная сталь 2.Низкая температура закалки	1.Испорченная поверхность резания 2.Быстрый износ режущего инструмента	Температурный контроль, летучие перепроверки, входной, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	6	5	7	210
4. Палец	Недостаточный зажим кондукторной плиты	1.Неправильно подобран материал 2.Несоответствие размеру	Поломка кондуктора	Сборочный контроль. Дополнительная проверка чертежей	3	6	4	72
5. Шайба	Низкая точность резьбы	Большая погрешность при изготовлении	Сложно или даже невозможное снятие детали	Контроль функционирования Сборочный контроль	2	7	4	56
6. Гайка	Плохой зажим детали между корпусом и кондукторной плитой	Несоответствие ГОСТУ 5915-70	Низкая точность обработки	Входной, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	3	6	2	36
7. Втулка	Низкая точность установки кондукторной плиты	1.Некачественная сталь 2.Низкая температура закалки	1.Испорченная поверхность резания 2.Быстрый износ режущего инструмента	Входной, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	4	6	3	72
8. Штифт	Отсутствие фиксирования кондукторной плиты	Несоответствие ГОСТ 3128 — 70	Угловой поворот по отношению к обрабатываемой детали	Сборочный контроль. Дополнительная проверка чертежей	2	5	3	30
9. Гайка	Плохое крепление пальца	Несоответствие ГОСТ 11371-68	1.Некорректная работа режущего инструмента 2.Увеличение погрешности при сверлении	Входной, выходной контроль, контроль материала, испытаний, контроль функционирования	3	6	3	54

Для проведения корректировочных мероприятий, необходимо разработать методику их проведения. Для этого предлагается сформировать группу экспертов для решения каждой задачи.

### 1.3 Анализ исследовательских работ по подбору экспертов для решения вышеперечисленных задач

Эксперт – это человек, обладающий глубокими знаниями и/или практическим опытом в определенной области.

Качества эксперта:

–наличие полных и объективных сведений об объекте экспертизы и/или рекомендации относительно предпочтительных (лучших) вариантов управленческих решений, касающихся данного объекта;

–обладает способностью высказывать свои суждения вне зависимости от внешних факторов и личной выгоды;

–несет ответственность за экспертное заключение, согласно нормативным документам;

–выполняя специальную ролевую функцию, включен в процесс принятия решений с тем, чтобы научно обосновать их [4].

На тему принятия управленческих решений экспертами было написано множество трудов российских авторов: Р.М. Хвастунов, А.Н. Феофанов, В.М. Корнеева, Е.Г. Нахапетян, Ю.Ф. Мартемьянов, Т.Я. Лазарева, А.И. Орлов, Б.Г. Литвак, А.Н. Блинова и А.В. Клименко.

Анализ работ данных авторов выявил основные проблемы, возникающие при работе экспертной группы:

1. Не все участники группы принимают активное участие в работе (человеческий фактор).

2. Некомпетентность экспертов – отсутствие навыков и знаний для работы с данной предметной областью.

3. Неточная формулировка задачи достаточно часто приводит к недостаточной информированности эксперта.

4. Построение процесса экспертизы.

5. Заинтересованность эксперта или группы экспертов в определенном решении для достижения личной выгоды.

6. Необоснованно многочисленное количество участников экспертной группы.

Для успешной работы экспертной группы необходимо минимизировать возникновения данных проблем, еще на этапе подбора экспертов и постановки задачи [1].

Именно оценка данных качеств является наиболее сложной задачей для подбора специалистов в группу. Большинство из вышеперечисленных показателей являются качественными, следовательно не могут быть оценены по единой шкале, что в свою очередь наиболее часто приводит к ошибкам.

В работе А.Н. Блинова и А.В. Клименко «Автоматизированная система подбора экспертов в Российском Научном Фонде» представлены результаты работы системы по автоматическому выбору экспертов в 2018 г. [5].

Основным результатом работы этой системы является доказательство того, что современные технологии позволяют осуществить подбор экспертов без участия человека.

Опыт разработчиков ИАС достаточно хорошо применим, для решения производственных задач, т.к. основывается на анализе большого количества данных.

В статье авторов А.Н. Феофанова, Р.М. Хвастунова и Н.П. Негримовской, выпущенной в 2008 году представлены различные способы отбора экспертов. Авторами были описаны 2 группы:

–способы определения первоначального круга кандидатов в эксперты;

–способы отбора экспертов из сформированного банка данных по кандидатам в эксперты.

Для более успешной работы алгоритма, предлагается использовать ранее перечисленные способы совместно друг с другом для получения наиболее точного результата.

#### **1.4 Автоматизированная система подбора экспертов**

Для работы с данной проблемой предлагается описать автоматизированную систему, которая будет оценивать всех кандидатов в группу и подбирать тех, которые действительно

смогут эффективно решать поставленные задачи.

Разрабатываемая система анализирует входные данные, полученные в результате анкетирования и анализа информации из отдела кадров, обрабатывает их и выбирает оптимальных кандидатов. В тоже время система будет иметь возможность назначать не только отдельных экспертов, но и формировать экспертные группы, с учетом совместимости участников.

После анализа всех вышеперечисленных данных система сможет подобрать кандидатов для работы с конкретной задачей, условия которой будут задаваться пользователем.

На рисунке 4 представлена схема разрабатываемой системы поддержки принятия решений (далее - СППР). В нашем случае была выбран кооперативный вид СППР, потому что данный вид позволяет пользователю редактировать решение, принятое системой. СППР, основанное на трёхуровневом хранилище данных, позволяет минимизировать проблемы, связанные с производительностью системы, а также существенно уменьшает время создания и добавления витрин данных. Витрины данных используются для того, чтобы формировать отдельный срез данных из хранилища. Это значительно сокращает объем анализируемой информации.

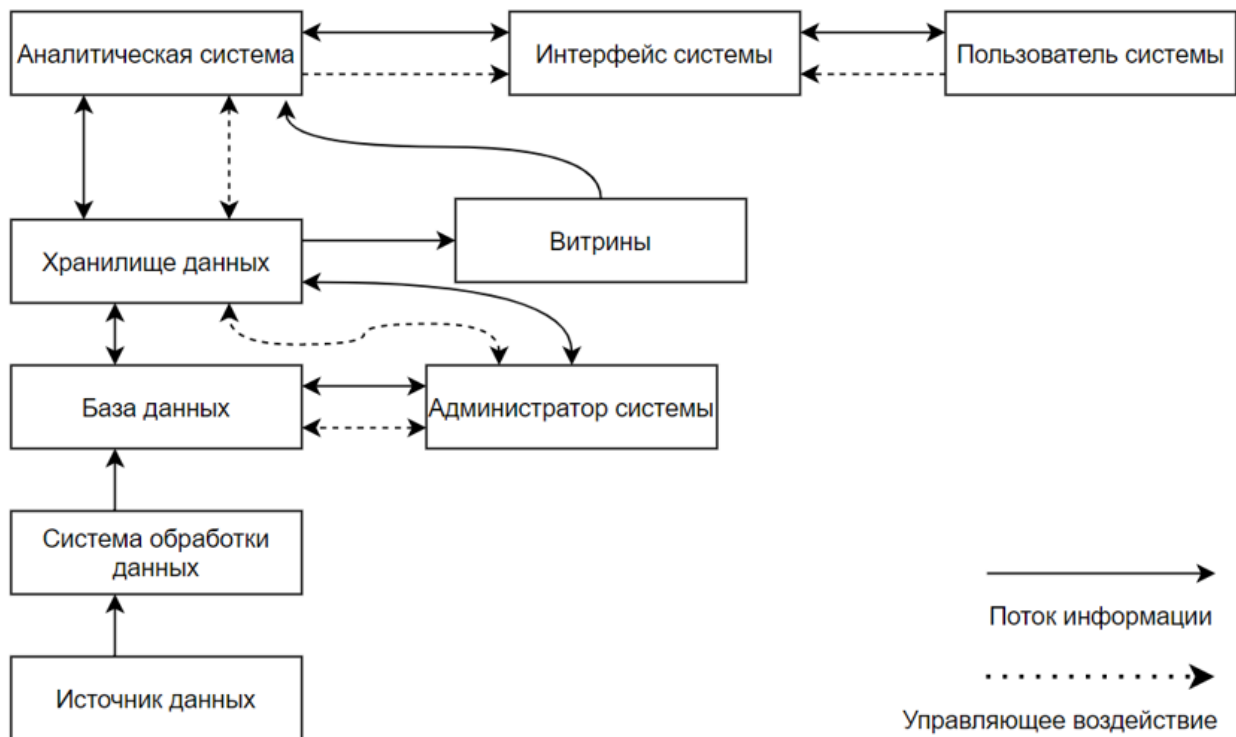


Рис. 4. Схема системы поддержки принятия решений

В качестве основной особенности данной системы можно отметить применение экспертно-статистического и человеко-машинного подхода, что позволяет минимизировать ошибки при выборе эксперта (двойной контроль).

На рисунке 5 представлен возможный алгоритм работы СППР. Предполагается, что основную информацию об экспертах можно будет получить из отдела кадров, тем самым применяя документальный способ подбора экспертов. К сожалению, не все параметры могут быть оценены количественно (например, область научных интересов), следовательно, невозможно учесть данные факторы при подборе. Основной целью дальнейших исследований будет являться нахождение способа включения данных факторов в работу алгоритма.

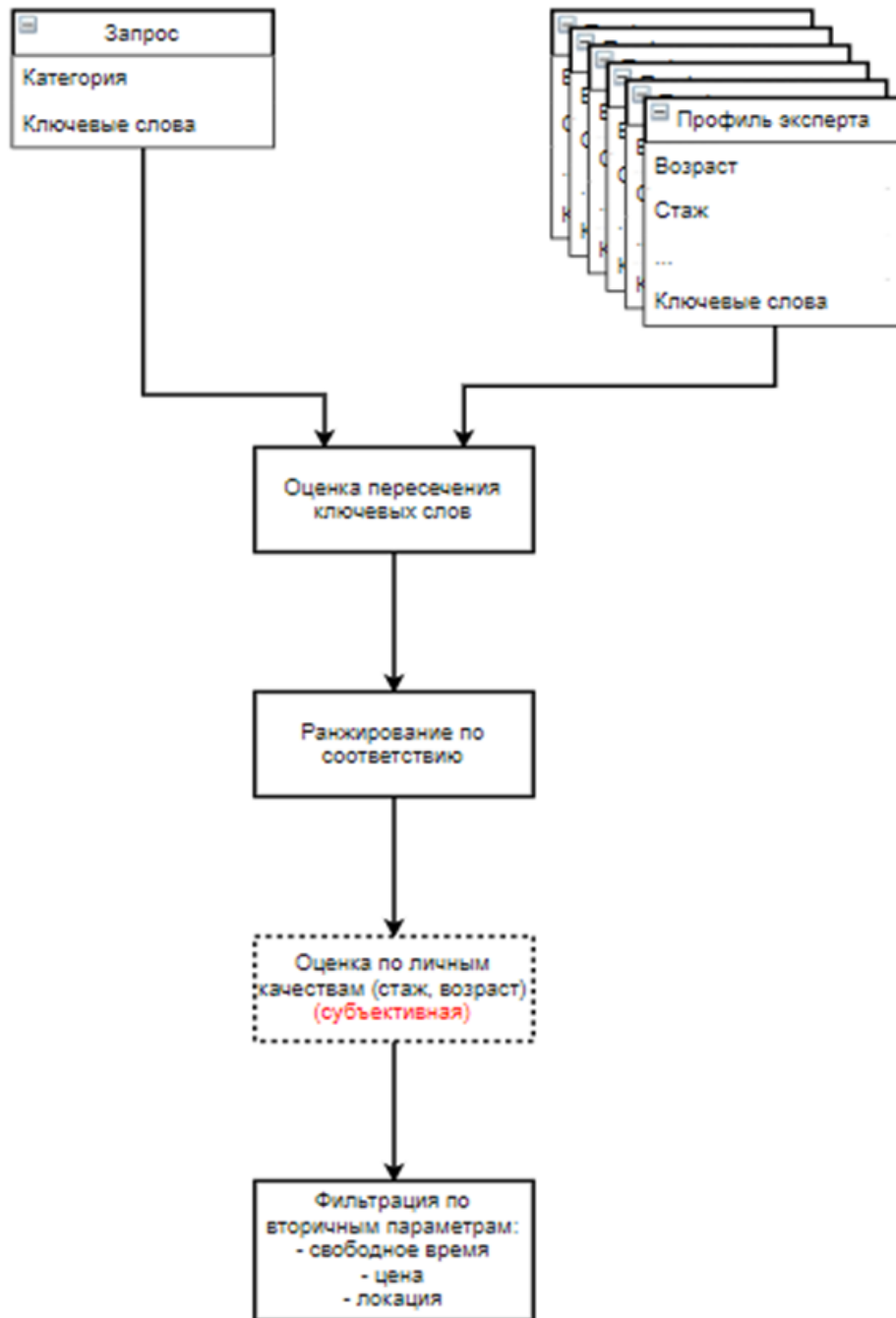


Рис. 5. Алгоритм работы системы поддержки принятия решений

### 3 Результаты

1. Начата работа по разработке алгоритма системы поддержки принятия решений для экспертной оценки сверлильного кондуктора, а также схемы работы данной системы.
2. Начат подбор критериев, по которым будут оцениваться эксперты (стаж, возраст, опыты работы и т.д.).

### Выводы

Основным достоинством автоматизированной системы является хранение всех данных об экспертах и их работе. Наличие такой информации позволяет отслеживать динамику и оценивать эффективность работы как экспертной группы, так и отдельного эксперта. После



завершения экспертизы каждый участник должен иметь возможность оценить свою работу и работу других участников группы.

Чем больше информации представлено в базе данных, тем более точным будет в дальнейшем производиться отбор участников.

**Список литературы:**

1. Хвастунов, Р.М. Способы отбора специалистов в состав экспертных групп / Р.М. Хвастунов, Н.П. Негримовская, А.Н. Феофанов // Технология машиностроения. - 2008. - N 10. - С. 58-67.
2. Салимгареев, И. T-FLEX DOCS + T-FLEX CAD: новый подход к проектированию групповых чертежей / И. Салимгареев // САПР И ГРАФИКА – 2013. – N 6(200). – С. 86-87.
3. ГОСТ Р 56005-2014. Арматура трубопроводная. Методика обеспечения надежности и безопасности при проектировании и изготовлении с использованием метода структурирования функции качества : нац. стандарт Российской Федерации: изд. офиц.: утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 апреля 2014 г. N 402-ст: введ. впервые: дата введ. 2015-01-01/разработан Обществом с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий. - М.: Стандартинформ, 2014.
4. Сидельников, Ю.В. Формирование понятийно-терминологического аппарата экспертологии / Ю.В. Сидельников// Проблемы управления. - 2017. № 5. - С. 18-30.
5. Блинов, А.Н. Автоматизированная система подбора экспертов в Российском Научном Фонде / А.Н. Блинов, А.В. Клименко // Вестник российской академии наук. – 2020. - Том 90, № 6 - С. 540–548.

**References:**

1. Khvastunov, R.M. Methods of Selecting Specialists in the Expert Group Members / R.M. Khvastunov, N.P. Negrimovskaya, A.N. Feofanov // Mechanical Engineering. – 2008. – no. 10. – pp. 58-67.
2. Salimgareev, I. T-FLEX DOCS + T-FLEX CAD: A New Approach to Designing Group Drawings / I. Salimgareev // CAD AND GRAPHICS. – 2013. – no. 6 (200). – pp. 86-87.
3. GOST R 56005-2014. Pipeline Valves. Reliability and Safety Practice for Engineering and Production by Quality Function Deployment Applying: Nat. Russian Federation Standard: ed. officially: approved and entered into force by the order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated April 24, 2014 N 402-st: introduced for the first time: date of entry into force 01 January 2015 / developed by the Limited Liability Company "Scientific Research Institute of Natural Gases and Gas Technologies". – M.: Standartinform, 2014.
4. Sidelnikov, Yu.V. Forming the Conceptual and Terminological Apparatus of Expertology / Yu.V. Sidelnikov // Control Problems. – 2017. no. 5. – pp. 18-30.
5. Blinov, A.N. Automated System for Selecting the Experts in the Russian Science Foundation / A. N. Blinov, A.V. Klimenko // Bulletin of the Russian Academy of Sciences. – 2020. – vol. 90, no. 6 – pp. 540-548.

*Статья поступила в редколлегию 21.12.2020.*

*Рецензент: канд. биол. наук, доц.,*

*Брянский государственный технический университет*

*Кузьменко А.А.*

*Статья принята к публикации 15.01.2021.*

**Сведения об авторах**

**Феофанов Александр Николаевич**

д.т.н., проф., проф. кафедры «Инженерная графика» ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» (Москва, Россия)  
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

**Бушева Анна Геннадьевна**

аспирант, кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН» (Москва, Россия)  
E-mail: zub97@mail.ru

**Information about authors:**

**Feofanov A.N.**

Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Engineering Graphics", FSBEI HE MSTU "STANKIN" (Moscow, Russia)  
E-mail: feofanov.fan1@yandex.ru

**Busheva A.G.**

Post graduate student, the Department "Automated Information Processing and Control Systems", FSBEI HE MSTU "STANKIN" (Moscow, Russia)  
E-mail: zub97@mail.ru