



ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА: МЕТОД ОБЪЕКТИВНОГО ВЫБОРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО АГРЕГАТА

Э.Л. Ицкович (ИПУ РАН)

Приводится методика организации тендера по выбору системы автоматизации, обеспечивающая объективный выбор наилучшей из предложенных на тендер систем, соответствующих заданным заказчиком требованиям и критериям выбора. Рассматривается состав и содержание всех этапов: от формирования конкурсной комиссии и экспертной группы до оценивания экспертами предложений по отдельным заданным критериям и компьютерным усреднением типовой программой многокритериального выбора мнений экспертов по разным критериям каждого предложения и вычислением с учетом весов критериев общей ранжировки предложений, что определяет наилучшую систему¹.

Ключевые слова: организация объективного тендера, критерии оценок предложений на тендер, компьютерный, многокритериальный выбор системы автоматизации,

Введение

Рассматривается метод организации и проведения тендера по выбору системы автоматизации для конкретного технологического агрегата, который основывается на правилах Всемирного и Европейского банков, Международной федерации ассоциаций инженеров-консультантов [3] и на особенностях приобретаемой продукции.

Основные принципы организации и проведения тендера, заложенные в метод:

- равноправие всех участников, подавших свои предложения на тендер;
- открытость и прозрачность проведения тендера;
- объективность сопоставления предложений и определения победителя тендера;
- максимально возможная эффективность тендера для заказчика.

Практически существующий способ проведения тендера, который на предприятиях обычно выполняет конкурсная комиссия, заключается в качественном рассмотрении ее членами конкурсных предложений, общем обсуждении достоинств и недостатков предложений, открытом голосовании по выбору лучшего предложения. Такой отбор победителя тендера имеет существенный недостаток с распространенным наименованием «влияние человеческого фактора».

Отличия предлагаемого метода организации и проведения тендера по выбору системы автоматизации для конкретного технологического агрегата от реально имеющих место на предприятиях заключаются в том, что они направлены на минимизацию субъективных предпочтений отдельных членов конкурсной комиссии к продукции определенного производителя и на формирование таких условий проведения тендера,

которые позволят объективно (как принято говорить, без пресловутого «человеческого фактора») определить наилучшую по совокупности заданных критериев систему автоматизации для технологического агрегата.

Содержание работ по организации тендера

Началом проведения тендера на систему автоматизации (СА) можно считать формирование заказчиком конкурсной комиссии (тендерного комитета). Эта комиссия большей частью состоит из руководящих сотрудников предприятия-заказчика с возможным привлечением сотрудников организации, связанной по работе с данным предприятием (например, сотрудников отдела автоматизации проектного института). В рассматриваемом методе (но не в реальной практике проведения тендеров на предприятиях) конкурсная комиссия выполняет следующие работы.

1. Готовит необходимые материалы для проведения тендера: выбирает форму проведения тендера (открытый или закрытый, одноэтапный или двухэтапный), разрабатывает конкурсную документацию, состоящую из общей, коммерческой и технической частей (причем технические требования (ТТ) на СА являются важнейшей частью конкурсной документации).

2. Проводит примерный анализ возможных предложений на приобретаемую СА, оценивает примерную стартовую стоимость запрашиваемой СА, позволяющую приближенно ориентироваться в необходимых будущих затратах заказчика.

3. Определяет конкретные критерии, по которым должны будут оцениваться и сопоставляться конкурсные предложения, и назначает значимости (веса) отдельных критериев. Общее число критериев — по

¹ Статья продолжает серию авторских материалов Э.Л. Ицковича «В помощь руководству предприятий технологических отраслей» [1,2].

рядка десятка. Примерами таких критериев сопоставления конкурсных предложений являются важнейшие характеристики СА, надежность ее работы, влияние на ее функционирование различных свойств окружающей среды и внешних помех, ориентировочная стоимость требуемой комплектации СА, распространенность конкретных СА в мире, в стране, в данной отрасли. Веса критериев фиксируются их балльной оценкой (например по 10 балльной шкале).

4. Работает с участниками тендера: рассылает им приглашения и конкурсную документацию, отвечает на возникающие у потенциальных участников тендера вопросы и при необходимости консультирует их по отдельным положениям конкурсной документации. Естественно, любое разъяснение отдельных положений конкурсной документации разным участникам тендера, любые переговоры с ними по поводу отдельных положений конкурсной документации не должно ни в малейшей степени изменять содержание этих положений для отдельных участников тендера.

5. Принимает конкурсные предложения и проводит их предварительный анализ и отбор, заключающийся в разделении всех предложений на две группы: предложения, в которых не выполнено хотя бы одно обязательное требование, снимаются с тендера (не допускаются к экспертизе); а оставшиеся, прошедшие данную отбраковку предложения остаются для оценки, сопоставления и выбора победителя тендера. Важно подчеркнуть, что конкурсные предложения, прошедшие процедуру отбора на их полное соответствие обязательным требованиям, подвергаются в дальнейшем анализу и сопоставлению, при котором предложения не могут отклоняться, а только оцениваться разными балами.

6. Формирует экспертную группу для проведения тендера (оценок конкурсных предложений по отдельным заданным им критериям) и утверждает способ ее работы. При этом конкурсная комиссия руководствуется указанными ниже положениями:

- под экспертом здесь понимается высококвалифицированный, авторитетный специалист, обладающий достаточно широким кругозором в предметной области тендера и в свойствах автоматизируемого агрегата;

- коммерческие аспекты конкурсных предложений могут оцениваться отдельными экспертами-экономистами;

- возможно привлечение специальных экспертов по отдельным техническим характеристикам СА (например, по надежности ее работы или влиянию на экологию среды) и/или по отдельным ее компонентам;

- среди экспертов не должно быть никого, кто прямо или косвенно принимал участие в разработке, производстве, маркетинге представленной на тендер продукции.

Следует отметить, что возможно участие отдельных членов конкурсной комиссии в экспертной груп-

пе или даже выполнение всех функций экспертной группы самой конкурсной комиссией.

7. Готовит для работы экспертной группы материалы и передает ей следующий перечень документов и пояснений к их использованию:

- конкурсную документацию, которая была задана участникам тендера;

- конкурсные предложения, прошедшие предварительный отбор и поэтому полностью удовлетворяющие обязательным требованиям;

- перечень критериев, по которым эксперты должны оценивать конкурсные предложения;

- качественную интерпретацию отдельных баллов заданной балльной шкалы, по которой эксперты должны оценивать конкурсные предложения по заданным критериям;

- качественное содержание каждого заданного критерия и соответствие качественных оценок отдельных конкурсных предложений по каждому критерию их количественной оценке в баллах;

- бюллетень для оценки каждой заявки по каждому критерию по заданной балльной шкале;

- формы входящих в конкурсную документацию специальных таблиц основных характеристик конкурсных предложений, т.е. характеристик, отвечающих отдельным заданным критериям оценок конкурсных предложений. Эти формы подлежат обязательному заполнению участниками тендера, а их содержание делает сопоставимой для экспертов информацию по каждому конкурсному предложению, т.е. предлагаемые в разных конкурсных предложениях свойства, характеристики, параметры продукции предстают в сопоставимых выражениях, определены в одинаковых условиях, измерены в одних и тех же единицах.

Все вышеупомянутые решения, документы, разъяснения экспертам, принятые конкурсной комиссией при организации тендера, обсуждаются и утверждаются заказчиком — руководством предприятия.

Содержание работ по проведению тендера

Каждое конкурсное предложение не оценивается экспертами целиком, эксперты оценивают предложения только по отдельным, заданным заказчиком критериям. Полная итоговая оценка каждого конкурсного предложения получается на основе следующей процедуры:

- на первом этапе эксперты на основе всех полученных от конкурсной комиссии материалов оценивают каждое конкурсное предложение отдельно по каждому заданному заказчиком критерию;

- на втором автоматизированном этапе компьютер методом решения типовой задачи многокритериального выбора вычисляет общую оценку каждого предложения как определенную функцию от всех полученных на первом этапе оценок предложения по каждому критерию, каждым экспертом и заданных заказчиком весов этих критериев;

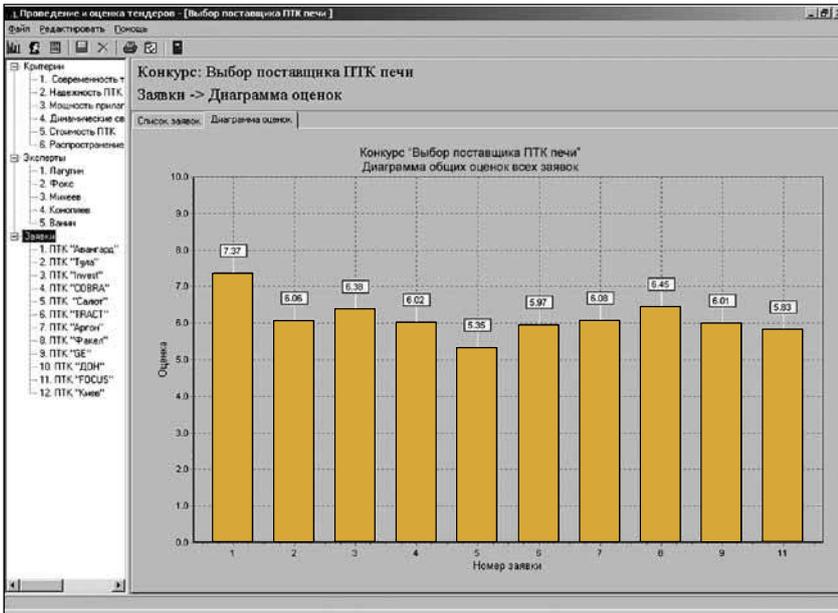


Рис. 1. Диаграмма общей ранжировки представленных на тендер 11 конкурсных предложений

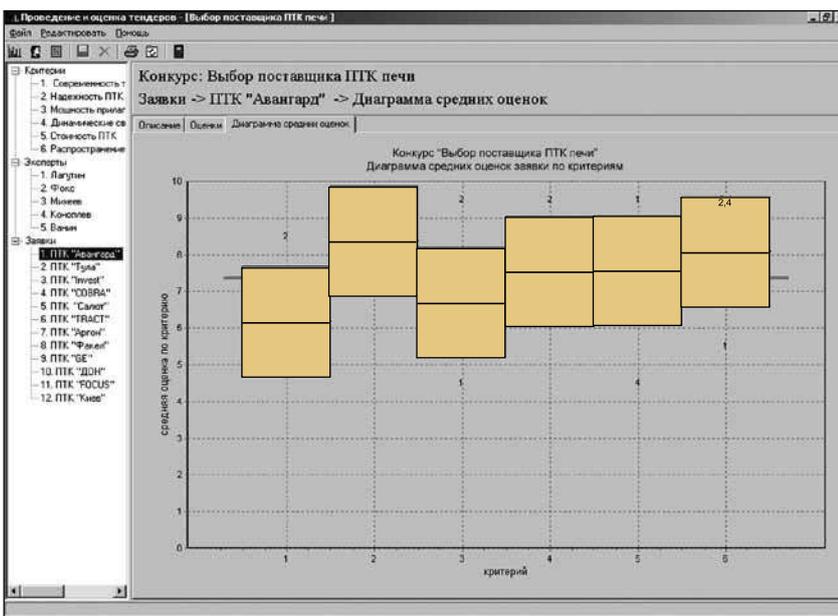


Рис. 2. Диаграмма оценок конкурсного предложения по отдельным критериям

— на третьем (заключительном) этапе эксперты и конкурсная комиссия либо утверждают полученное решение; либо, замечая какие-то недоработки в предыдущих этапах организации и проведения тендера, исправляют их и заново реализуют предыдущий, второй этап.

Способ проведения предлагаемой процедуры должен удовлетворять ряду требований:

— эксперты должны однозначно понимать содержание сформулированных заказчиком критериев. Это достигается передачей им конкурсной комиссией качественного содержания каждого заданного критерия;

— соответствие между качественными характеристиками предложений и их числовыми (балльными) оценками должно быть одинаково понимаемо разными экспертами, чтобы их мнения были бы сопоставимы. Это достигается передачей им установленного конкурсной комиссией соответствия качественных оценок отдельных конкурсных предложений по каждому критерию их количественной оценке в баллах;

— процедура голосования экспертов (оценка ими предложений по отдельным критериям) должна быть организована так, чтобы исключить влияние на каждого эксперта как мнений других экспертов, так и любых посторонних факторов;

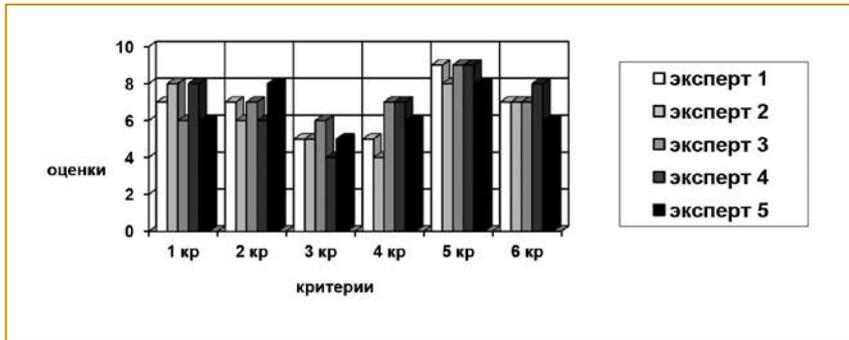
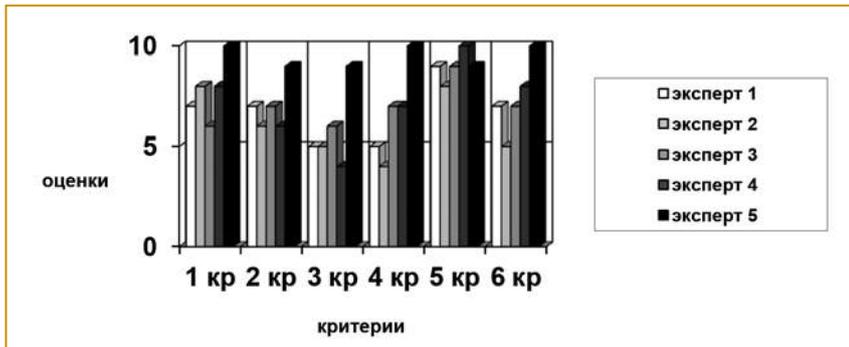
— используемый метод определения общей оценки каждого предложения должен быть прозрачен и понятен заказчику, чтобы он доверял полученному результату;

— для подробного анализа полученного результата программа, кроме общих оценок конкурсных предложений, должна выдавать данные, характеризующие сильные и слабые стороны отдельных предложений и фиксирующие работу отдельных экспертов, что позволяет при необходимости корректировать вычисление общих оценок предложений, исключая возможные субъективные пристрастия отдельных экспертов.

Ниже рассмотрены этапы проведения тендера, учитывающие все отмеченные принципы и требования к работе экспертной группы и к результатам решения задачи многокритериального выбора.

Этап 1. Голосование каждого эксперта, заключающееся в индивидуальном анализе каждого конкурсного предложения и оценки его по заданным критериям, про-

водится путем заполнения им выданного бюллетеня. Эксперт может не ставить оценки отдельным конкурсным предложениям по отдельным критериям, если он по данному конкретному критерию не имеет определенного мнения. Если некоторые из членов экспертной группы были включены в нее как эксперты не по всем, а по отдельным критериям, то они заполняют не все, а соответствующие этим критериям столбцы бюллетеня. Заполненные бюллетени без фиксации имени эксперта вводятся в компьютер.

Рис. 3. Оценки j -ой заявкиРис. 4. Оценки f -ой заявки

Этап 2. Компьютерная типовая программа многокритериального выбора усредняет мнения экспертов по разным критериям каждого предложения и вычисляет с учетом весов критериев итоговую, общую ранжировку конкурсных предложений и целый ряд дополнительных факторов, поясняющих причины полученной ранжировки.

Вычисляемая общая оценка каждого конкурсного предложения есть взвешенная сумма оценок конкурсного предложения разными экспертами по отдельным критериям. Это решение базируется на схеме оценки предложений, принятой в международной и российской практике и используемой в данной методике. Принципиально, как показано в теории многокритериального выбора, правильная общая оценка предложений при этом получается, если все отдельные заданные критерии независимы друг от друга. На практике зачастую технические и экономические оценки конкурсного предложения могут быть статистически зависимыми (чем меньше стоимость продукции, тем могут быть хуже ее технические характеристики). Однако в подавляющем большинстве случаев при вычислении общих оценок конкурсных предложений этими возможными ошибками пренебрегают. Так поступают при закупках не только частные, но и государственные заказчики.

Далее на практических примерах проведения тендера по рассмотренному методу на ряде предприятий показаны все выдаваемые компьютером результаты.

На рис. 1 показан пример полученной общей ранжировки конкурсных предложений, которую программа вычислила и зафиксировала в виде диаграммы.

По диаграмме общей ранжировки конкурсных предложений определяются:

- предложение, занявшее первое место;

- насколько значимо различаются оценки у предложений, занявших несколько первых мест;

- в каком диапазоне лежат общие оценки всех предложений и насколько они в целом по совокупности заданных критериев отличаются друг от друга.

Программа вычисляет также усредненные по всем экспертам, принявшим участие в голосовании, оценки каждого конкурсного предложения по отдельным критериям, что показывает конкретные отличия предложений по их важнейшим свойствам.

На рис. 2 показан пример диаграммы оценок одного конкурсного предложения по отдельным заданным критериям. Подобные диаграммы выдаются по всем конкурсным предложениям. На каждой из них показаны:

- общая оценка данного предложения (черная линия);

- средние оценки заявки по отдельным критериям (черные линии внутри желтых прямоугольников), которые определяют слабые и сильные стороны данной заявки;

- заданные диапазоны нормального разброса оценок отдельных экспертов относительно средних значений оценок (желтые прямоугольники);

- отдельные оценки, выходящие за диапазоны принятого нормального разброса. Эти оценки фиксируются цифрами, причем каждая цифра есть номер эксперта, поставившего эту оценку, а расположение цифры в координатной сетке показывает: по оси ординат — значение поставленной оценки, по оси абсцисс — критерий, по которому выставлена оценка.

Программа фиксирует согласованность мнений экспертов. Выделяются эксперты, множество оценок которых настолько расходится с соответствующими оценками остальных экспертов, что заставляет предположить недостаточную квалификацию или ангажированность этих экспертов. Обычный нормальный разброс оценок какого-либо конкурсного предложения по определенному критерию, проставленными разными экспертами, составляет порядка двух средних квадратичных отклонений от среднего значения оценки. Выход оценок отдельных экспертов за эти границы позволяет сделать определенные заключения о работе этих экспертов.

На рис. 3 показана диаграмма оценки j -ого предложения по шести критериям пятью экспертами, со-

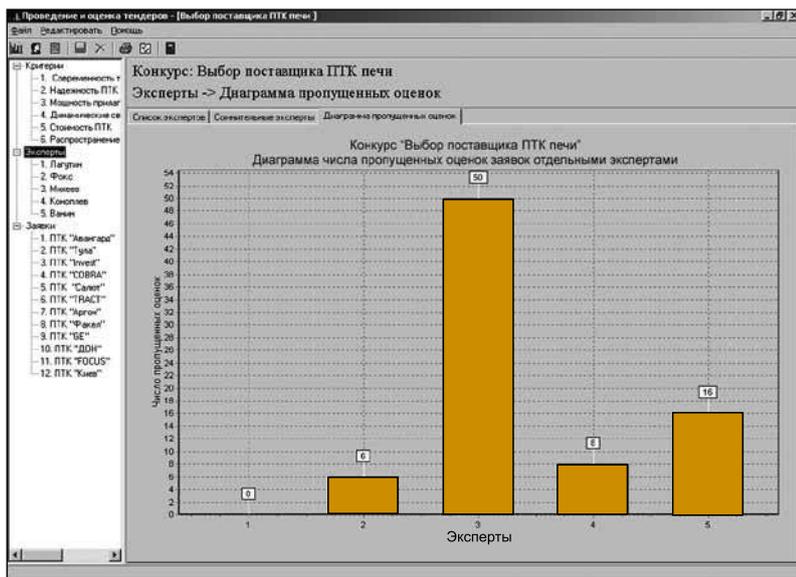


Рис. 5. Диаграмма пропущенных (не поставленных) оценок отдельными экспертами

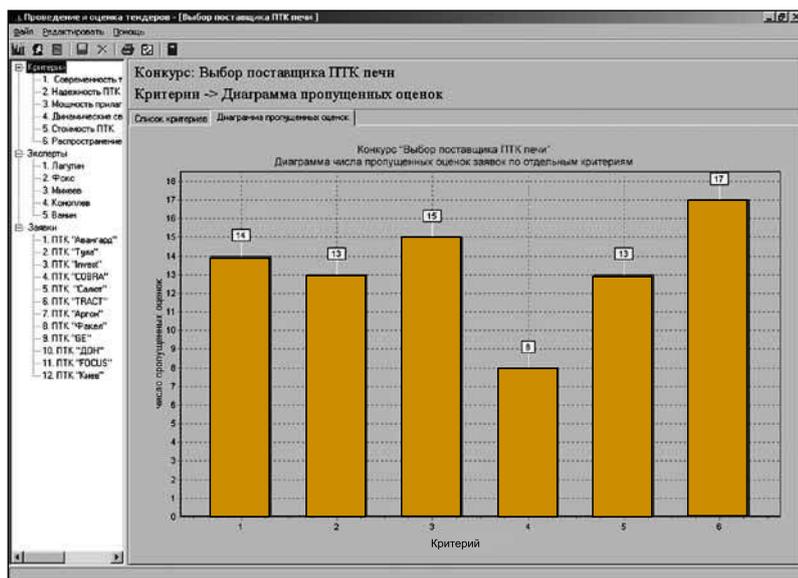


Рис. 6. Диаграмма пропущенных (не поставленных) оценок по отдельным критериям

ставляющими экспертную комиссию. Разброс оценок предложения по разным критериям у разных экспертов лежит в диапазоне примерно 3 балла, что свидетельствует о нормальной согласованности мнений экспертов.

На рис. 4 показана диаграмма оценки f-ого предложения по шести критериям пятью экспертами, когда оценки пятого эксперта явно отличаются от оценок прочих экспертов. Из вида диаграммы следует, что оценки пятого эксперта явно не объективны: возможна его ангажированность f-ым участником конкурса (завышает оценки f-ому предложению). Подобная ситуация (если она присутствует и при оценке большинства других предложений) может свидетельствовать также о существенной разнице квалифика-

ций первых четырех экспертов и пятого эксперта.

Кстати, полученные данные по работе отдельных экспертов могут быть использованы конкурсной комиссией для приближенного определения квалификации и объективности отдельных экспертов, принимавших участие в работе экспертной группы.

Программа фиксирует полноту заполнения бюллетеней экспертами. Поскольку эксперты не обязаны ставить оценки всем предложениям по всем критериям и в случае сомнений могут пропускать (не заполнять) отдельные ячейки бюллетеня, программа определяет число пропущенных оценок по отдельным критериям (это является косвенным индикатором трудности сопоставления данных критериев свойствам и характеристикам СА); а также фиксировать число пропущенных оценок отдельными экспертами (это является косвенным индикатором эрудиции данных экспертов по тематике экспертизы).

Отметим, что некоторые эксперты специально призваны оценить предложения только по одному или нескольким критериям; естественно, что по всем прочим критериям они оценки не ставят. Но для остальных экспертов данная диаграмма показывает неуверенность отдельных экспертов в оценках заявок по отдельным критериям, что в некоторой степени является косвенным индикатором эрудиции этих экспертов.

Значительное число не проставленных оценок по отдельным критериям косвенно характеризует, что в предложениях нет однозначного прямого ответа на содержание этих критериев.

Этап 3. Анализ экспертами всех полученных результатов сопоставления конкурсных предложений и утверждение решения о победителе тендера. В результате анализа экспертной группой результатов математической обработки экспертных мнений принимается одно из следующих решений:

- при содержательном согласии с полученными результатами эксперты утверждают их;
- при больших отклонениях оценок некоторых отдельных экспертов от оценок большинства экспертов возможно решение об исключении бюллетеней, оценки в которых представляются экспертной комиссии сомнительными (важно отметить, что производится исключение не оценок определенного по фамилии эксперта, а данных отдельного бюллетеня за определенным номером) и повторение вычислительной обработки оставшихся бюллетеней;

Я не знаю ничего более приятного и поучительного, чем сравнивать опыт с ожиданием или отмечать разницу между идеей и реальностью.

Сэмюэл Джонсон

— при значительных разногласиях в оценках предложений большинства экспертов целесообразно пересмотреть и скорректировать материалы, полученные от конкурсной комиссии, и заново провести все этапы проведения тендера.

В конечном счете, после указанных уточнений экспертная группа утверждает полученные результаты общей ранжировки конкурсных предложений, фиксирует итоги тендера и следующие из них рекомендации для заказчика.

Заключение

Не является открытием, что подавляющее большинство проводимых тендеров далеко не всегда выделяют лучшие предложения, причинами чего являются либо неправильный способ их проведения, либо недостаточно качественная оценка поступивших на тендер предложений, либо сознательное искажение результатов сопоставления поданных на тендер предложений.

Предлагаемый метод выбора системы автоматизации для конкретного технологического агрегата обла-

дает рядом важных для заказчика свойств и преимуществ, если он действительно заинтересован в выборе наилучшего конкурсного предложения:

— гарантирует объективность рассмотрения и анализа конкурсных предложений;

— учитывает все пожелания заказчика по просмотру тех свойств, характеристик, особенностей конкурсных предложений, которые являются для него особенно важными;

— позволяет ранжировать конкурсные предложения с учетом сопоставительной значимости их отдельных свойств для заказчика;

— выявляет сильные и слабые стороны отдельных конкурсных предложений по рассматриваемым показателям (критериям);

— показывает согласованность мнений всех экспертов и фиксирует некачественную работу отдельных экспертов.

Список литературы

1. *Ицкович Э.Л.* Проведение работ по автоматизации производства: что необходимо учитывать руководству предприятий технологических отраслей // Автоматизация в промышленности. 2017. № 1.
2. *Ицкович Э.Л.* Проведение работ по автоматизации производства: роль инжиниринга в автоматизации технологического производства // Автоматизация в промышленности. 2017. № 8.
3. *Захаров А.* Международные конкурсные торги. Изд. МГИМО. 2006.

Ицкович Эммануил Львович — д-р техн. наук, главный научный сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН. Контактный телефон (495) 334-90-21.

ОСНОВНОЙ КРИТЕРИЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОСТАВОМ АГРЕГАТОВ ГЭС

В.Е. Захарченко (ООО НВФ "Сенсоры. Модули. Системы")

Поднимаются проблемы оценивания и повышения КПД гидроэлектростанций, учет этих оценок в автоматизированном рациональном управлении составом гидроагрегатов ГЭС. В качестве основного критерия предлагается использовать увеличение КПД отдельных гидроагрегатов, приводятся его достоинства и недостатки. Выводы подкрепляются иллюстрирующими примерами.

Ключевые слова: КПД, гидроагрегат, ГЭС, оптимизация, автоматизированные системы, рациональное управление составом агрегатов, групповое регулирование, групповое управление активной мощностью, АСУТП.

Еще с середины 1930-х годов советские ученые задумались о рациональном управлении группой агрегатов [1,2]. Однако до сих пор задача автоматизированного рационального управления составом агрегатов (РУСА) остается перспективной и малоисследованной. В рамках исследования, проводимого в группе компаний "СМС Автоматизация", осуществляется моделирование и поиск решения для автоматизации процесса выбора агрегатов по различным критериям. В этой работе производится поиск удовлетворительного основного критерия для системы РУСА. Сам термин "рациональное управление" трактуется достаточно широко,

в основном под ним понимается выбор решения, осуществляемого на основе сравнения и/или многокритериального анализа. Задачу управления составом агрегатов можно упрощенно сформулировать следующим образом: пусть на ГЭС имеется N гидроагрегатов (ГА), необходимо в каждый момент времени определить, какие именно агрегаты должны быть включены в ТП. При этом формулируются следующие критерии:

1) увеличение КПД ГЭС;

2) равномерное расходование ресурса агрегатов, поддержание равного числа часов работы, пусков/остановов за некоторый период;