ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 629.3.083.4:005.53

Ю.А. Власов, А.Н. Ляпин

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Средства технологического оснащения автотранспортных предприятий включают различные виды диагностического оборудования, в которых заложены при производстве показатели надежности, а также комплекс потребительских свойств. По этой причине диагностическое оборудование, можно рассматривать как систему с множеством взаимных связей, отражающих эти свойства. Для систем характерно большое количество компонентов и упорядоченность структуры по иерархиям. Выбор приоритетных свойств, с учетом требований предъявляемых к диагностическому оборудованию, должен подчиняться основному требованию – обеспечению эффективности функционирования этого оборудования. Если данные аспекты характеризуются множеством переплетающихся отношений, то использование системного анализа позволит выявить весь комплекс мероприятий, для достижения целей оптимизированного выбора [1–3].

Выбор основного образца диагностического оборудования при оценивании двух и более однотипных моделей производиться двумя способами: качественно, по внешним признакам и их отличительным особенностям, и количественно, путем сравнения комплекса показателей, характеризующих различные технические уровни.

Качественная оценка моделей диагностического оборудования основана на сравнении технологических возможностей. Такая оценка выражается в большей степени эмоциональным состоянием потребителя к оборудованию, степенью причастности к системе «человек-оборудование-производство». Например, для определения массы механических примесей в смазочном масле предполагается использовать весы аналитические, штатив, сушильный шкаф и другую аппаратуру и материалы в комплектности 20 наименований ручного, переносного и стационарного типа, напольно-настольного исполнения. В таком случае набор технических средств, по сравнению с портативной моделью экспресс-анализатора ИКМ-2, который определяет степень загрязненности масла механическими примесями интегрально, можно оценить критерием «хуже» и отдать предпочтение «лучшему» образцу.

Количественную оценку в настоящее время рекомендуется производить по отдельным экономическим, оперативным и техническим показателям [4].

Экономические показатели оцениваются по следующим критериям эффективности: годовой экономический эффект; средняя трудоемкость выполнения работ на оборудовании; стоимость единицы работы на оборудовании; объем работы, выполненный на оборудовании в течение смены (месяца, года).

Оперативные показатели оцениваются по показателям: среднего времени обслуживания автомобиля одним образцом оборудования; коэффициента использования оборудования; фактической производительности оборудования.

Группа технических показателей включает следующие критерии выбора: надежность (коэффициент готовности, срок службы, среднее время безотказной работы и др.); эксплуатационная технологичность (трудоемкость обслуживания, коэффициент унификации, удельная материалоемкость, удобство обслуживания и др.); коэффициент использования площади; коэффициент универсальности; коэффициент доступности изделия; коэффициент использования диагностического оборудования по основному технологическому параметру.

Такой подход к выбору оборудования предполагает проведение специальных исследований с учетом опыта работы образцов аналогичного оборудования, их достоинств и недостатков, выбора правильного прототипа для сравнения, тенденций развития производства и т.п. При этом такие исследования должны сопровождаться расчетами времени полезной работы, площади занимаемой оборудованием и другими вышеназванными параметрами. Для выполнения такого вида исследований на предприятиях необходима специальная служба, например, производственно-технический отдел, или штат специалистов по оборудованию.

Если речь идет о техническом перевооружении существующего автотранспортного предприятия с заменой устаревшего оборудования на новое, или создании нового предприятия с выбором оборудования согласно бизнес-плану, то проведение таких исследований, с учетом желаемого эффекта, может быть малообоснованными или во-

обще отсутствовать. В таком случае для предприятия на первое место встает вопрос «где купить и сколько будет стоить»?

Тем не менее, в настоящее время для приобретения диагностического оборудования предполагается использовать расчетные или экспертные методы выбора конкретных моделей диагностического оборудования по следующим критериям [4]:

– одному доминирующему для данного предприятия техническому параметру машины;

– совокупности технических параметров оборудования;

– средневзвешенному показателю качества оборудования;

– интегральному показателю качества.

Рассматривая данную ситуацию на примере выбора диагностического оборудования, использующего для оценки технического состояния машины информацию, заключенную в работающем масле, определим исходные позиции и критерии, являющиеся оптимальными в обеспечении эффективности его функционирования.

Критерий одного доминирующего параметра диагностического оборудования выбирается из группы потенциально равноценных образцов приемлемых для приобретения. В данном случае из совокупности потребительских свойств выбирается доминирующий для производства параметр, затем по этому параметру ранжируется данная группа оборудования и в соответствие с MAX значением показателя (или MIN, по смыслу выбора), относительно полученных рангов данной группы, производится выбор.

Для определения массы механических примесей принимаются к выбору приборы по ГОСТ 10577-78*, АК-12 (СИМ-12), SX-300 и ИКМ-2. Когда главным критерием выбора является производительность, тогда время анализа пробы нефтепродукта должно быть MIN. Время, затрачиваемое в нашем примере на анализ, составляет 2 часа, 30 мин, 10 мин и 2 мин, соответственно. Прибор ИКМ-2 имеет доминирующий критерий выбора в данной группе по производительности и трудоемкости. Однако если главным критерием выбора является точность измерения, тогда предпочтение выбора отдается измерениям по ГОСТ. При условии определения еще и сопутствующих показателей качества нефтепродуктов, то доминирующий критерий будет иметь прибор SX-300.

Следовательно, неверно выбранный доминирующий критерий для условий предприятия или меняющиеся условия (например, диагностика автомобилей в отрыве от производственной базы) могут изменить приоритеты выбора оборудования, и, соответственно, выбранные средства диагностирования не всегда могут быть использованы по своему функциональному назначению.

Критерий совокупности технических параметров оборудования применяется тогда, когда все параметры оборудования одинаково влияют на его выбор.

Единичными техническими показателями выбора могут быть значения из технических характеристик и их показатели эффективности. Такой выбор предполагает принять за образец какую-либо модель из группы сравниваемого оборудования. Оценка критерия выбора производится по следующей схеме. Определяются значения показателей из совокупности технических параметров для каждой анализируемой модели, а затем отношением к такому же значению образцовой модели рассчитывается безразмерный показатель качества [4]:

$$q_i = P_i / P_A,$$

где P_i – показатель анализируемого изделия; P_A – показатель базового изделия.

Ряд таких показателей качества является основой для построения циклограмм (табл. 1). Для образцовой модели показатели качества оцениваемых технических параметров будут равны единице. Циклограммы технических уровней моделей оборудования, строятся в осях их технических параметров (рис.). Считается, что если у циклограммы одной модели площадь большая по сравнению с циклограммами других моделей, то технический уровень такого оборудования высокий. Это и является обоснованием для выбора модели оборудования.

Проведенные расчеты безразмерных показателей качества моделей диагностического оборудования, показали, что по ряду показателей модели могут иметь одинаковые хорды (стороны) циклограмм. А это может привести к тому, что циклограммы технических уровней разных моделей однотипного диагностического оборудования (например, прибор АК-4 определяет массовую долю воды в нефтепродуктах, а прибор АК-3 – марку масла) будут иметь одинаковые совпадающие площади, но разные функциональные возможности по принципу их действия.

Возможен вариант, когда при сравнении двух и более моделей оборудования их циклограммы пересекаются, а это свидетельствует, что по одним показателям модель будет лучше другой, а по другим – хуже [4].

Универсализация и портативность средств диагностирования может в принципе изменить подход к использованию циклограмм. Показатели качества таких образцов оборудования с уменьшением их числового значения по осям циклограммы не ухудшают, а улучшают их функциональные возможности. Это видно на примере прибора ИКМ-2. С уменьшением габаритных размеров прибора, его массы, объема навески, времени выполнения анализа, количество возможных измерений остается примерно на уровне образцовой модели SX-300. Циклограмма этого не только не отражает, а свидетельствует об ухудшении таких важных эксплуатационных свойств, как многофункциональность (универсализация) и портатив-

Таблица 1. Относительные безразмерные показатели качества моделей однотипного оборудования

Модель	Показатели качества моделей оборудования						Критерий выбора
	Масса	Площадь	Объем навески	Комплект-ность	Время	Кол. изме-рений	
АК-12	1,88	3,25	1,00	0,60	3,00	0,20	9,93
АК-4	2,12	3,25	4,00	0,80	4,50	0,20	14,87
АК-3	2,12	3,25	4,00	0,80	3,00	0,20	13,37
ИКМ-2	0,24	0,40	0,01	0,20	0,05	0,80	1,69
SX-300	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00

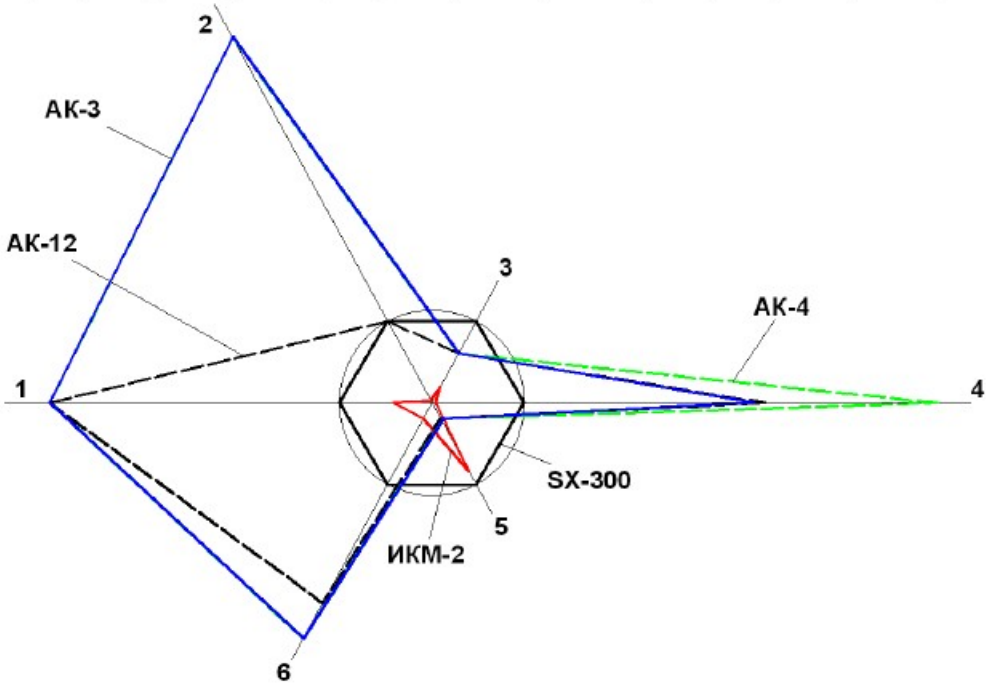

Рис. Циклограмма технических уровней моделей однотипного диагностического оборудования: 1 – площадь прибора; 2 – объем навески пробы масла; 3 – комплектность; 4 – время проведения анализа; 5 – количество измерений; 6 – масса прибора

ность прибора ИКМ-2.

В этих случаях выбор лучшей модели из ряда образцов диагностического оборудования затруднен.

Критерии средневзвешенных показателей качества диагностического оборудования целесообразнее использовать в тех случаях, когда единичные технические параметры диагностического оборудования по-разному влияют на технический уровень. Неодинаковая значимость в этом случае выразится через показатели веса, которые укажут на более важные предпочтения выборки.

Значение средневзвешенного показателя качества определяется суммированием произведений единичных безразмерных показателей технического состояния на их коэффициент весомости, и делением на совокупный вес оценки. Если, согласно экспертным оценкам, учесть, что суммарный коэффициент весомости $\sum \alpha_i = 1$, то весовой метод оценки выразится формулой:

$$K = \sum_{i=1}^{n} q_i \alpha_i ,$$

где q_i – показатель, характеризующий i-е свойство образца оборудования; α_i – коэффициент весомости данного свойства в оценке качества образца оборудования.

Если безразмерные показатели качества технического состояния образцов оборудования можно определить исходя из значений технических характеристик, то для определения коэффициентов весомости требуется группа опытных экспертов, между мнениями которых должна существовать связь. Такая постановка вопроса может значимо осложнить выбор образца диагностического оборудования при отсутствии группы экспертов или опыта у потребителя, который неверно понимает значимость показателей качества.

Выбор модели из группы однотипного оборудования производится по самому большому показателю средневзвешенного значения.

Рассмотрим группу средств диагностирования для нашего примера (табл. 2). Максимальное значение веса (α_5=0.3) в нашем случае присвоено функциональным возможностям прибора, т.е. его универсализации. Затем следует учитывать произ-

водительность методов контроля и объем навески пробы масла, как источника информации для диагностического контроля ($a_2 = a_4 = 0.2$). Технические свойства приборов распределяют одинаковые веса влияния на возможность выбора моделей диагностического оборудования ($a_1 = a_3 = a_6 = 0.1$)).

Очевидно, что выбор по максимальному критерию средневзвешенного значения показателя качества в данном случае не подходит. Безразмерный показатель качества, который характеризует свойства каждого образца диагностического оборудования, может в большей степени влиять на выбор модели, чем вес ее единичных показателей. При выборе из ряда равнозначного оборудования, лучшую модель, которая принципиально отличаются от аналогов, можно поставить на последнее место приоритетов по формальному признаку. Таким образом, метод выбора оборудования по критериям средневзвешенного показателя качества не всегда способен дать обоснованное заключение для приобретения лучшего образца (модели) оборудования.

Критерий интегральных показателей качества оборудования устанавливает соотношение «цена – качество», и определяется отношением средневзвешенного показателя качества к затратам на приобретение и эксплуатацию оборудования – $И = К/З$.

Выбор модели диагностического оборудования осуществляется по максимальному критерию интегрального показателя качества.

Однако, формальный критерий средневзвешенного показателя качества, не всегда отражает лучшие стороны технического изделия. И, соответственно, выбор образца оборудования с учетом затрат, также будет иметь оценку не соответствующую существующим потребительским свойствам оборудования.

Рассмотренные методы не дают однозначного обоснованного мотивированного заключения при выборе диагностического оборудования из группы однотипных и равнозначных моделей. В большей степени перечисленные методы подходят к выбору однотипного технологического оборудования близкого по своим техническим характеристикам и цене (электромеханические, электрогидравлические подъемники, станки для балансировки колес и т.п.). При этом однотипное оборудование, принципиально отличающееся между собой техническими характеристиками и исполнением, может показывать худшие критерии для выбора при лучших функциональных возможностях.

Таким образом, принятие решения выбора оборудования из совокупности однотипных изделий является многофакторной, многокритериальной задачей, трудно поддающейся формализации. Мотивированное заключение по сопоставлению совокупности качественных (стационарный – передвижной, напольный – настольный и т.п.) и количественных показателей (масса, время, площадь, напряжение и т.п.) в виде единственного критерия выбора вообще не представляется возможным.

Одним из методов практического преодоления вышеназванных трудностей при выборе диагностического оборудования, принимается **критерий относительной важности показателей качества**, который базируется на методе анализа иерархий (МАИ) [5]. МАИ формулируется на принципах:

– декомпозиции – разложение на цели, критерии и альтернативы;

– сравнительных суждений – исследование структуры предпочтений;

– синтеза – определение веса и согласованности иерархии.

В аспекте данной проблемы, целью МАИ является повышение эффективности использования средств диагностирования, за счет их оптимизированного выбора.

Чтобы оценить эффективность использования выбранных средств диагностирования, нужны критерии, которые позволят измерить степень достижения цели из группы альтернативного оборудования.

Критерии и альтернативы составляют взаимосвязанные уровни иерархии. Для выявления полного набора элементов каждого уровня предполагается, что элементы этих уровней могут группироваться в несвязанные множества. Элемент каждой группы может влиять на элемент следующей группы, но сам находиться под влиянием предшествующей группы.

Информация при анализе свойств должна иметь минимальные потери, чтобы не позволить образцам с лучшими потребительскими свойства-

Таблица 2. Средневзвешенные показатели качества моделей однотипного оборудования

Модель	Средневзвешенные показатели качества моделей оборудования						Критерий выбора
	Масса	Площадь	Объем навески	Комплектность	Время	Кол. измерений	
АК-12	0,188	0,325	0,200	0,060	0,600	0,060	1,43
АК-4	0,211	0,325	0,800	0,080	0,900	0,06000	2,38
АК-3	0,211	0,325	0,800	0,080	0,600	0,060	2,08
ИКМ-2	0,023	0,039	0,002	0,020	0,010	0,240	0,34
SX-300	0,100	0,100	0,200	0,100	0,200	0,300	1,00
Вес	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	

ми быть соотнесенными к худшим моделям. Свойства, которыми обладают технические изделия, подвержены большому количеству внешних и внутренних факторов. Изменения этих свойств меняют информационное представление об оборудовании. И если такие изменения нарушают связи между элементами одного уровня иерархии до полного их отсутствия, то они взаимосвязаны через вышестоящие уровни. Оценка иерархической структуры осуществляется методом парного сравнения элементов и выявлением коэффициента относительной важности одних элементов по отношению к другим. Метод опирается на алгебраическую теорию матриц и экспертную оценку. Суть метода заключается в следующем, если заданы элементы уровня альтернатив (C_i, C_j) и хотя бы один элемент уровня критериев, то количественные суждения, отражающие достигнутые при сравнении согласие во мнениях, заносятся в матрицу парных сравнений размером $n \times n$ относительно этой цели

$$A = (a_{ij}) \quad i, j = 1, 2..., n.$$

Значения парных суждений a_{ij} определены по следующим правилам. Если $a_{ij} = a$, то $a_{ji} = 1/a$ при $a \neq 0$. Когда суждения при выборе одинаковые, а C_i имеет одинаковую относительную важность с C_j, то $a_{ij} = 1$, а $a_{ji} = 1$.

Вес диагностических объектов ω_i зависит от числового значения элемента сравнения a_{ij}, полученного путем суждения эксперта. Тогда, окончательный выбор решения будет зависеть от четкой формулировки каждого этапа определения условий, на которые накладываются искомые веса, и решается относительно полученных суждений.

Этап 1. Определение отношения между весами сравниваемых диагностических параметров, которое выражается элементом сравнения

$$\frac{\omega_i}{\omega_j} = a_{ij}, \quad i, j = 1, 2...n.$$

Этап 2. Определение статистического рассеивания значений вокруг вектора ω_i, если предположить наличие погрешности измерения или ошибки выбора одноименного диагностического параметра

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \omega_j, \quad i, j = 1, 2...n.$$

Этап 3. Определение максимального или главного собственного значения λ_{max} матрицы A, которое упорядочивает собственный вектор ω_i и является мерой согласованности суждений или пропорциональности предпочтений.

Тогда собственный вектор, по своей сути являясь тем критерием относительной важности (КОВ), в соответствии с которым делается выбор, определяется по формуле:

$$\omega_i = \frac{1}{\lambda_{max}} \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \omega_j, \; i, j = 1, 2...n,$$

а главное собственное значение матрицы рассчитывается по формуле:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n} \left(\sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} a_{ij}} \right), \; i, j = 1, 2, ..., n.$$

Чем ближе λ_{max} к числу объектов n, тем более согласован результат. Отклонение от согласованности может быть выражено величиной индекса согласованности

$$ИС = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)}.$$

Если $ИС \leq 0{,}1$, то высказанные суждения являются удовлетворительными [5], и они справедливы для всех уровней иерархии.

Иерархия строится с вершины, где фокусируется общая цель или проблема. В нашем случае общей целью является возможность оптимизации выбора средств диагностирования, за счет рационального использования заложенных потребительских свойств и максимальной полезной отдачи. Первый уровень состоит из одной компоненты, следовательно, приоритеты этого уровня равны единице.

Для решения названой проблемы нужны показатели, которые в отдельности сами по себе смогут оценить возможность выбора. Следовательно, следующим уровнем будет уровень подцелей.

Второй уровень иерархии, сгруппирован по техническим (A), технологическим (B), эксплуатационным (C) и экономическим (D) показателям качества. Под показателями качества будем понимать степень соответствия потребительских свойств изделия, заложенные при производстве согласно нормам изготовления и приобретенные в процессе его использования, которые наилучшим образом удовлетворяют ожидаемые потребности человека. В соответствии с определением единичная оценка показателя качества (или их сумма) не может характеризовать изделие, т.к. она отражает

Таблица 3. Парная оценка конкретизированных подцелей второго уровня

Компоненты	A	B	C	D	$КОВ$	λ_{max}	$ИС$
A	1,00	1/5	1/2	1/3	0,08	4,25	0,08
B	5,00	1,00	3,00	5,00	0,56		
C	2,00	1/3	1,00	3,00	0,23		
D	3,00	1/5	1/3	1,00	0,13		

Таблица 4. Парная оценка критериев третьего уровня

Компоненты	Технологическая система			КОВ	λ_{max}	ИС
	B_1	B_2	B_3			
B_1	1,00	3,00	1/5	0,19	3,06	0,03
B_2	1/3	1,00	1/7	0,08		
B_3	5,00	7,00	1,00	0,73		

Таблица 5. Парная оценка четвертого уровня альтернатив по производительности средств диагностирования

Компоненты	Производительность приборов B_1				КОВ	λ_{max}	ИС
	АК-12	АК-4	SX-300	ИКМ-2			
АК-12	1,00	5,00	1/5	1/5	0,12	4,21	0,07
АК-4	1/5	1,00	1/7	1/7	0,04		
SX-300	5,00	7,00	1,00	1,00	0,42		
ИКМ-2	5,00	7,00	1,00	1,00	0,42		

степень соответствия только по отношению к конкретному образцу оборудования, принятому лучшим (эталонным), только на основании рангов общественного мнения. Следовательно, показателем качества должна быть комплексная оценка, не относительно эталона, а учитывающая взаимное влияние групп потребительских свойств этого изделия в зависимости от ожидаемых потребительских свойств. На основании принципа самодостаточности, свойства изделий должны быть рассмотрены по техническим, технологическим, эксплуатационным и экономическим показателям.

В табл. 3 представлена матрица парных сравнений подцелей, формируемая на показателях качества, относительно их влияния на общую цель.

Вектор приоритетов, характеризующий критерии относительной важности второго уровня и полученный из матрицы парных сравнений, представлен в виде вектора-столбца:

$$\omega_i = \begin{bmatrix} 0{,}08 \\ 0{,}56 \\ 0{,}23 \\ 0{,}13 \end{bmatrix}.$$

Если вектор приоритетов второго уровня ω_i умножить на значение вектора приоритетов первого уровня, который равен единице, то взвешенная величина следующего уровня даст тот же самый вектор.

За подцелями размещается уровень наиболее важных критериев, т.е. третий уровень иерархии. Решение задач этого уровня сводится к определению влияния критериев, всесторонне характеризующих объект, на показатели подцелей второго уровня. В табл. 4 приведена одна из 4 матриц 3-го уровня критериев, где B_1 –производительность, B_2 – вид измерения, B_3 – параметры диагностирования.

В табл. 5 представлена одна из 12-ти матриц 4-го уровня альтернатив. Здесь представленные на рассмотрение средства диагностирования попарно сравниваются между собой относительно влияния выбранного критерия третьего уровня.

Как видно из табл. 5 значения парных суждений могут иметь одинаковый вес, и критерии относительной важности также могут иметь одинаковые оценки. Поэтому критерии относительной важности, по одному единственному показателю выбора средств диагностирования, малозначимы для принятия решений.

Для решения этой проблемы, необходимо рассчитать векторы приоритетов относительной важности для каждой матрицы группы показателей, которые в свою очередь, являются векторами-столбцами следующей матрицы. Следовательно, умножая матрицу справа на вектор-столбец матрицы высшего уровня, взвешивается вектор приоритетов и получается вектор-столбец для низшего уровня иерархической структуры. Таким образом, с помощью КОВ, прослеживается взаимосвязь от высшего уровня фокусировки проблемы, до выбора лучшего образца из низшей группы альтернативных средств диагностирования, через конкретизированные (разъясняющие) критерии промежуточных уровней (табл. 6).

Из представленного расчета МАИ (табл. 6) следует, что для проблемы выбора лучшего оборудования, фокусом иерархии является общая цель, т.е. оптимизация и максимальная эффективность. В этом случае вектор приоритета, как отмечалось выше, равен единице.

На втором уровне максимальный приоритет имеет комплекс технологических параметров оборудования. При этом экспертная оценка данного уровня иерархии распределилась следующим образом. Технологичность, характеризующая функциональные возможности оборудования, имеет наибольшее значение относительной важности – 0,56. Условия эксплуатации, характеризующие надежность и возможность использования оборудования по назначению, имеют относительную важность с коэффициентом 0,23. Экономические показатели, которые характеризуют оборудование по величине полезной отдачи (например, минимальная стоимость и себестоимость при макси-

Таблица 6 . Оценка приоритетов при выборе средств диагностирования

Компоненты	Вектор приоритетов 3-го уровня				Вектор приоритетов 2-го уровня	Вектор приоритетов 4-го уровня	Относительная важность %
	Технич-ности	Технологичности	Эксплуатации	Экономичности			
АК-12	0,10	0,11	0,08	0,12	0,08	0,10	10,04
АК-4	0,09	0,07	0,08	0,13	0,56	0,08	7,91
SX-300	0,44	0,48	0,26	0,16	0,23	0,38	38,34
ИКМ-2	0,37	0,35	0,59	0,59	0,13	0,44	43,71
					Итого:	1,00	100,00

мальной прибыли), имеют еще более низкое значение КОВ – 0,13. Технические особенности средств диагностирования имеют КОВ равный 0,08. Все это выражает отношение эксперта к оборудованию следующим образом. Если функциональные возможности оборудования превышают возможности его использования, то это позволит расширить объем выполняемых работ, имеются перспективы развития производства (в противном случае оборудование будет недозагруженным), и, соответственно, это принесет дополнительные экономические выгоды такому производству. При этом форма и техническое содержание оборудования (портативное, стационарное и т.п.), будут играть несущественную роль для условий предприятия.

Приоритеты третьего уровня, выраженные через разъясняющие критерии свойств оборудования, определяют свои отношения к показателям второго уровня. Через эти свойства можно выбрать наиболее экономичное или наиболее технологичное оборудование, с лучшими техническими характеристиками или эксплуатационными свойствами, по отдельности.

Сочетание максимальных критериев относительной важности по совокупности показателей качества для одного образца диагностического оборудования, покажет из совокупности однотипного оборудования наилучший образец.

Однако такие условия выбора считаются идеальными и маловероятными. Так, согласно нашему примеру, наилучшие технические и технологические показатели имеет прибор SX-300. А по эксплуатационным и экономическим показателям лучшим считается прибор ИКМ-2. Если вектор приоритетов третьего уровня умножить на вектор приоритетов второго уровня, то получим вектор приоритетов для четвертого уровня, который даст относительный вес каждой модели диагностического оборудования с учетом всех уровней иерархии.

Таким методом определяется критерий относительной важности показателя качества, который отражает эффективность использования оборудования в соответствии с заложенными потребительскими свойствами каждого образца диагностического оборудования.

Из всего сказанного следует, что использование принципов МАИ путем обоснованного выбора средств диагностирования для транспортных предприятий, позволило представить как методологию. МАИ является универсальной системой и возможно его применение для выбора любых образцов технологического оснащения машиностроительной отрасли и транспорта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антонов, А.В.* Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2006. – 454 с.

2. *Перегудов, Ф.И.* Основы системного анализа / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко – Томск: Изд-во НТЛ, 2001. – 396 с.

3. *Гусев, В.В.* Системный анализ эффективности функционирования электрических машин в горнодобывающем комплексе / В.В. Гусев, О.П. Муравлев, В.П. Шевчук // Известия ТПУ. – 2009. – Т. 314. - № 4. – С. 74–78.

4. Типаж и техническая эксплуатация оборудования предприятий автосервиса / В.А. Першин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 413 с.

5. *Саати, Т.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 320 с.

Авторы статьи::

Власов
Юрий Алексеевич,
канд.техн.наук, доцент, докторант каф. «Автомобили и тракторы» (Томский государственный архитектурно-строительный университет).
Email: yury2006@yandex.ru

Ляпин
Алексей Николаевич,
аспирант каф. «Автомобили и тракторы» (Томский государственный архитектурно-строительный университет).
Тел. 8-923-430-95-83