Наука начинается там, где начинаются измерения...

Д.И. Менделеев

Московский государственный горный университет



РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Председатель	
Л.А. ПУЧКОВ	*ректор МГГУ, чл.-корр. РАН*
Зам. председателя	
Л.Х. ГИТИС	*директор Издательства МГГУ*
Члены редсовета	
И.В. ДЕМЕНТЬЕВ	*академик РАЕН*
А.П. ДМИТРИЕВ	*академик РАЕН*
Б.А. КАРТОЗИЯ	*академик РАЕН*
М.В. КУРЛЕНЯ	*академик РАН*
В.И. ОСИПОВ	*академик РАН*
Э.М. СОКОЛОВ	*академик МАН ВШ*
К.Н. ТРУБЕЦКОЙ	*академик РАН*
В.В. ХРОНИН	*профессор*
В.А. ЧАНТУРИЯ	*академик РАН*
Е.И. ШЕМЯКИН	*академик РАН*

Г.Г. Ломоносов

ГОРНАЯ КВАЛИМЕТРИЯ

Издание 2-е, стереотипное

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Горное дело»

Высшее горное образование

МОСКВА
Издательство
«ГОРНАЯ КНИГА»
♦
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2007

УДК 622:658.3.018
ББК 30.609
Л 75

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых СанПиН 1.2.1253-03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Рецензенты:

- кафедра «Горное дело» Российского университета дружбы народов (зав. каф. д-р техн. наук, проф. *Л.Н. Кашпар*);
- чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, проф. *Д.Р. Каплунов* (ИПКОН РАН)

Ломоносов Г.Г.

Л75 Горная квалиметрия: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2007. — 201 с.: ил.
ISBN 978-5-98672-054-8(в пер.)
ISBN 978-5-7418-0472-8

Приведены основные понятия и термины, раскрыт общий механизм формирования качества продукции горнодобывающего предприятия, определены категории понятия «качество полезных ископаемых», показаны основные методы количественной оценки качества минерального сырья, а также горных работ. Изложены методологии оценки изменчивости показателей качества ископаемых в недрах, их трансформации при добыче и обоснования требований к продукции горного предприятия, технологические основы создания информационно- управляющей системы качества продукции горнодобывающего предприятия, базирующейся на современных технических средствах идентификации минеральных продуктов, а также принципы формирования качества рудной массы. Даны сведения из области геометрии недр, геостастики, стандартизации и сертификации, метрологии, теории вероятности и математической статистики, теории случайных функций и других наук, имеющих непосредственное отношение к предмету или используемых в конкретных методиках.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению «Горное дело». Может быть полезно научным работникам и специалистам горной промышленности.

УДК 622:658.3.018
ББК 30.609

ISBN 978-5-98672-054-8
ISBN 978-5-7418-0472-8

© Г.Г. Ломоносов, 2000, 2007
© Издательство «Горная книга», 2007
© Издательство МГГУ, 2000, 2007
© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2000, 2007

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее издание посвящено относительно новой области знаний – ***квалиметрии*** в приложении её к сфере горного производства. Эта научная область официально признана Российской академией наук в 1997 г. с включением её в «Классификацию горных наук». Квалиметрия, основанная на современных методах исследований и количественной оценки качества многофакторных объектов, является одной из тех научных областей, которые подтверждают обоснованность включения комплекса знаний, накопленных в горном деле, в категорию горных наук.

Книга написана на основании многолетних исследований автора по управлению качеством продукции горного производства, опыта преподавания в МГИ–МГГУ одноимённой учебной дисциплины, а также курса «Квалиметрия».

Считаю своим долгом посвятить эту работу памяти своих учителей, в первую очередь академика В. В. Ржевского, поддержавшего с самого начала это научное направление и оказавшего решающее влияние на его развитие. Я благодарен профессору Р. П. Каплунову, который фактически ввёл меня в горную науку ещё в студенческие годы, заинтересовав исследованиями горного производства именно с позиций качества. Академик М. И. Агошков, внесший огромный вклад в развитие горной науки, и в том числе в методологию количественно-качественной оценки результатов горных работ, весьма положительно оценивал эти мои исследования и советовал их развивать. Профессор П. А. Рыжов, читавший студентам и аспирантам курсы «Геометрия недр» и «Математическая статистика в горном деле», был первым, у кого

автор познавал научные подходы к количественной оценке сложных многофакторных явлений в условиях дефицита исходной информации, характерного для горного производства.

Я признателен рецензентам – коллективу кафедры «Горное дело» Российского университета дружбы народов (заведующий кафедрой проф., докт. техн. наук Л. Н. Кашпар) и чл.-корр. РАН Д. Р. Каплунову (ИПКОН РАН) за доброжелательный и конструктивный анализ моей работы.

Выражаю также глубокую благодарность инженеру Л. А. Волковой за большой труд, выполненный ею в процессе подготовки рукописи к изданию.

Заслуженный деятель науки и техники РФ,
действительный член Академии горных наук,
профессор, доктор технических наук
Г. Г. ЛОМОНОСОВ

ВВЕДЕНИЕ

Качество продукции составляет один из важнейших показателей любого производства, в решающей мере предопределяющих конкурентоспособность предприятия, а следовательно, и успех его экономической деятельности. Процессу формирования требуемого уровня качества продукции во всём мире уделяется первостепенное значение. Чтобы эффективно управлять этим процессом, необходимо умение объективно оценивать уровень качества продукции, выражаемый множеством её характеристик, что является весьма не простой и ответственной задачей.

В современных условиях качество продукции, включая и изделия высшей категории сложности, оценивается на основе количественных методов квалиметрии, позволяющих однозначно ранжировать объекты оценки. По существу, квалиметрия наряду с метрологией, стандартизацией, теорией надёжности и другими смежными областями знаний составляет теоретическую базу управления качеством продукции. Изучение общих методов квалиметрии и развитие их применительно ко всем сферам производства — одно из условий модернизации технологий в соответствии с требованиями времени.

Продукция горных производств представляет собой минеральное сырьё для металлургических, химических, теплоэнергетических и других производств. От качества продукции рудников, шахт и карьеров во многом зависят производственные и экономические показатели как её потребителей, так и самих горных предприятий, поскольку необеспечение конкурентоспособности их продукции приводит в современных условиях к самым серьёзным негативным последствиям, вплоть до финансовой несостоятельности предприятий. К

сожалению, с начала 90-х годов произошло заметное увеличение импорта некоторых видов минерального сырья при сокращении потребления местных руд. Одна из причин такого положения – худшее качество, а в ряде случаев и более высокая стоимость этих видов отечественного рудного сырья. Необходимость существенного повышения качества товарных руд в процессе их добычи – одна из важнейших и относительно новых проблем отечественных горных предприятий, которые в условиях планового хозяйствования практически не испытывали затруднений со сбытом даже самой низкокачественной продукции, что, безусловно, не способствовало совершенствованию производства.

В этой связи познание и развитие методов квалиметрии есть одно из ключевых условий модернизации горных предприятий, создания эффективного управляемого процесса формирования качества продукции на основе современных информационно-управляющих систем.

ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И МЕТОДЫ КВАЛИМЕТРИИ

Глава

I

1.1
ВВЕДЕНИЕ В ОБЩУЮ КВАЛИМЕТРИЮ

Квалиметрия представляет собой область научных знаний о методах количественной оценки качества объектов, характеризуемых множеством показателей. Наиболее часто объектом такой оценки является продукция предприятий – товары и услуги. Квалиметрия возникла из необходимости оценки сложных видов изделий в количественном виде, позволяющем объективно ранжировать их по уровню качества.

Поскольку качество любой продукции в значительной мере предопределяется технологией производства, то необходимо также умение объективно оценивать уровень работы её производителей, их возможности обеспечения выпуска продукции требуемого качества. В горной промышленности важным объектом квалиметрической оценки наряду с продукцией и технологией являются земные недра, так как от объективной оценки запасов полезных ископаемых во многом зависят качество добытых полезных ископаемых и в целом эффективная эксплуатация месторождений.

Термин ***квалиметрия*** произошел от латинского слова **qualis** (дословно: какой-то по качеству) и греческого **metreo** (измеряю). Квалиметрия тесно связана с метрологией (от греческих **metron** – мера и **logos** – учение), т.е. – наукой об измерениях и методах их осуществления. Квалиметрическая оценка продукции выполняется на основе данных метрологических измерений. Основной задачей квалиметрии является беспристрастная квалификационная оценка любого вида продукции путем определения абсолютного или относительного уровня её качества.

Проблема объективной оценки качества товара, необходимости его градации возникает всякий раз во взаимоотношениях потребителя и товаропроизводителя (или продавца). Весьма остро она проявляется в условиях конкуренции. Поэтому создание методов количественной оценки качества продукции, часто отличающейся большим количеством и разнообразием потребительских свойств, весьма важно, что предопределяет необходимость выработки и обоснования наиболее общих и объективных критериев и показателей оценки.

По существу, квалиметрия вместе с метрологией, теорией надёжности и другими отраслями знаний, связанных с управлением процессами, составляет теоретическую базу инженерных методов контроля и управления качеством продукции.

Базовым в квалиметрии является понятие *качество продукции*. В соответствии с ГОСТ 15467–79 *качество продукции представляет собой совокупность свойств продукции, обусловливающих её пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с её назначением.* При этом под термином *продукция* понимается продукт производства, предназначенный для применения в сфере другого производства, для эксплуатации или для потребления.

Параметрами продукции называются количественные признаки, характеризующие основные её свойства и состояния.

Количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, составляющих её качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям её создания, эксплуатации или потребления, называется *показателем качества продукции*. Различают *единичный, дифференцированный* и *комплексный показатели качества продукции*.

Оценка уровня качества продукции представляет собой ряд взаимосвязанных операций, включающих выбор номенклатуры показателей качества, определение их количествен-

ных значений и сопоставления с базовыми. При этом под *базовыми значениями* показателя качества продукции понимаются такие его значения, которые приняты за основу при сравнительной оценке.

Согласно ГОСТ 15467–79 понятием *управление качеством продукции определяются действия, осуществляемые при создании, эксплуатации или потреблении продукции в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества.*

Стандартизация – это установление и применение правил с целью управления деятельностью в определенной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон, в частности для достижения всеобщей оптимальной экономии, при соблюдении условий эксплуатации (использования) и требований безопасности.

Объектом квалиметрии может быть как самая простейшая в производстве и потреблении, так и наиболее сложная продукция. Понятно, что различные продукты машиностроения, строительства, металлургии, сельского хозяйства, горнодобывающей и других отраслей промышленности принципиально различаются по функциональному назначению и показателям, характеризующим их качество. Поэтому нет и не может быть единой методологии их оценки. Однако для всех этих и других видов продукции можно найти общие принципы, на базе которых необходимо разрабатывать конкретные методы оценки качества всех объектов квалиметрии. Основные из этих принципов следующие:

1. Квалиметрия должна создавать такие методы, которые обеспечивали бы наиболее объективную и беспристрастную оценку качества продукции в интересах общества.

2. При выборе определяющих показателей оценки качества продукции приоритет отдается требованиям потребителя.

3. Для квалиметрической оценки качества продукции необходимы эталоны, которые могут иметь форму физиче-

ского образца или стандарта (от английского **standard** – образец), представляющего собой свод объективных требований к продукции.

4. При комплексной оценке качества продукции необходимо все разноразмерные определяющие показатели трансформировать в шкалу одной размерности.

5. Показатель каждого определяющего качество продукции свойства должен оцениваться двумя числовыми параметрами: уровнем качества по единичному показателю и его весомостью (значимостью).

6. Суммарное значение весомости показателей свойств одного иерархического уровня – величина постоянная.

7. Качество продукции определяется качеством составных её элементов.

8. При комплексной количественной оценке качества недопустимо использование зависимых дублирующих показателей одного свойства продукции.

9. Оценка качества продукции должна базироваться на учете её способности выполнить заданные функции в соответствии с назначением.

1.2 МЕТОДЫ КВАЛИМЕТРИИ

Методы оценки качества продукции зависят в первую очередь от способа получения информации о количественных значениях показателей качества. По этому признаку различают следующие методы:

- ***измерительные***, создаваемые на базе метрологических измерений контролируемых параметров;
- ***регистрационные***, в основе которых заложены данные наблюдений и подсчета качества определенных событий, предметов или затрат;
- ***расчетные*** – при использовании аналитических зависимостей показателей качества;

♦ *статистические,* разрабатываемые на основе методов математической статистики;

♦ *органолептические* – за счёт восприятий органами чувств;

♦ *экспертные,* в основе которых лежат экспертные оценки групп специалистов;

♦ *социологические,* разрабатываемые для сбора и анализа мнений фактических или возможных потребителей.

С другой стороны, методы оценки качества продукции можно сгруппировать по степени обобщения показателей простых свойств:

♦ *дифференцированные* – при использовании единичных показателей качества;

♦ *комплексные* – при объединении единичных в обобщающие комплексные показатели;

♦ *смешанные* – при использовании и единичных, и комплексных показателей качества продукции.

При квалиметрическом обосновании качества продукции выделяются три последовательных этапа её количественной оценки:

♦ установление базовых (эталонных) показателей качества;

♦ оценка уровня качества по единичным показателям;

♦ комплексная оценка качества продукции.

Процесс установления базовых показателей качества включает в себя выбор номенклатуры единичных показателей качества и обоснование их количественных значений.

Для каждого вида продукции номенклатура единичных показателей может быть очень широкой. Поэтому необходимо группировать эти показатели, включая при конкретной оценке товара в каждую группу оптимальное число показателей, не переусложняя, разумно упрощая процесс оценки. Например, для машиностроительной продукции ГОСТ 22851–77 устанавливают следующую номенклатуру основных групп показателей качества:

- назначения;
- надежности;
- эргономичности;
- эстетичности;
- технологичности;
- транспортабельности;
- стандартизации и унификации;
- патентно-правовые;
- экологичности;
- безопасности.

Каждая группа включает в себя единичные показатели, характеризующие ту или иную качественную сторону изделия. Выражаются единичные показатели качества в виде абсолютных, относительных и удельных значений.

Обоснование количественных величин единичных показателей качества, т.е. установлений их базовых значений (по существу, принятие эталона), – важнейшая часть этапа квалиметрической оценки. При этом разрабатывается стандарт, в основу которого должен быть заложен реальный эталон продукции с наилучшими базовыми показателями (мировой уровень), либо закладываются параметры гипотетического эталона, рассчитанного на технический прогресс.

На втором этапе квалиметрической оценки производится сопоставление каждого из показателей качества оцениваемой продукции с соответствующими базовыми (эталонными). В результате такой оценки получается множество результатов, которые могут соответствовать или не соответствовать требованиям стандарта. Поскольку значимости единичных показателей качества, как правило, существенно различаются, то для объективной оценки изделия необходимо ранжировать все единичные показатели по степени их весомости (экологической, технологической, эксплуатационной и т.д.). Для этого существуют методы стоимостный, долевой, вероятностный, экспертный, регрессивных зависимостей и др. Диф-

ференцированная оценка качества товара на основе сравнения единичных его качеств с регламентируемыми широко используется в практике. Тем не менее применение этого метода с увеличением числа показателей существенно усложняются из-за трудности объективного сравнения множества разнозначных показателей. Поэтому на практике сокращают число учитываемых свойств изделия либо этот метод используют в случаях, когда общее количество показателей сравнительно небольшое.

Наиболее объективно при наличии множества показателей качества с различной их значимостью оценка качества продукции осуществляется на третьем этапе – на базе обобщающих комплексных показателей. Существует целый ряд таких методик. Наиболее часто эти методики основываются на следующем.

Если принять, что q_1, q_2, q_3, ..., q_n – единичные показатели качества продукции, a_1, a_2, a_3, ..., a_n – соответственно значимости этих показателей для потребителя, то сумма их произведений составляет общую функциональность данного товара, т.е.

$$q_1a_1 + q_2a_2 + q_3a_3 + ... + q_na_n = \sum_{i=1}^{n} q_ia_i . \qquad (1.1)$$

С другой стороны, потребитель, приобретая товар, исходит не только из его функциональности, но и из цены Ц. Разница между функциональностью товара и его ценой составляет меру оценки качества товара потребителем:

$$C = \sum_{i=1}^{n} q_ia_i - \text{Ц}. \qquad (1.2)$$

Для того чтобы практически выполнить такую оценку качества продукции, необходимо обе части выражения (1.2) привести к единой размерности, например выразив в стоимостной форме значимость всех единичных показателей. Полу-

ченная в результате величина характеризует эффективность использования данного товара (продукта) или степень соответствия его функциональности цене товара.

Таким образом, если по формуле (1.1) качество продукции выражается суммарной ее функциональностью, то согласно (1.2) качество адекватно показателю эффективности.

1.3 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГОРНОЙ КВАЛИМЕТРИИ

Горное производство имеет ряд особенностей, существенно отличающих его от других материальных производств, например перерабатывающих. Эти особенности определяются:

1. *Пространственной нестационарностью горных работ.* Если в заводских условиях объект производства (сырье) доставляется к стационарным средствам производства (к станкам, металлургическим печам, топкам теплоэлектростанций и др.), то в руднике, шахте или карьере буровые станки, погрузочные машины и другие средства (включая горные выработки) следуют за очистными забоями, перемещающимися по мере разработки месторождения, во времени и в пространстве.

2. *Непосредственной и жесткой зависимостью результатов горного производства от месторождений полезных ископаемых и их природных условий.* Основные природные факторы – это геологические и горнотехнические, включающие в себя условия залегания месторождений, их размеры, глубина и ориентация в пространстве, состав руд, прочностные свойства массивов горных пород, их устойчивость, водонасыщенность, газоносность, температура, а также климат региона и др.

3. *Весьма малой точностью информации об объектах горного производства, т.е. об ископаемых и вмещающих гор-*

ых породах в недрах и в отбитом виде. Так, достоверность сведений об истинных контурах залежей и о природном качестве ископаемого в этих контурах обычно не превышает нескольких процентов. Даже качество отбитой рудной массы, до её выпуска из очистной камеры оценивается весьма приближённо, так как произвести соответствующие замеры в рабочей зоне практически не реально.

4. *Вероятностным и, чаще, дискретным характером протекания технологических процессов горных работ, связанных с большим числом трудно прогнозируемых факторов, в свою очередь зависящих от природных и технических условий, дефицита информации и недостаточного познания законов природы.*

В этой связи, а также с учётом особенностей продукции горных предприятий (о чём будет сказано ниже) формируются содержание и методы горной квалиметрии, в которых учитывается специфика горнодобывающей сферы деятельности.

Горная квалиметрия составляет область научно-технических знаний о методах количественной оценки качества продукции горного производства, его сырьевой базы, а также технологий добычи и первичной переработки полезных ископаемых.

Безусловно, целевая задача горной квалиметрии – это объективная количественная оценка качества добытого полезного ископаемого. При этом оценки качества минерально-сырьевой базы (квалиметрия недр), а также технологий добычи полезных ископаемых имеют вторичное значение, поскольку они в основном необходимы для решения более приоритетной задачи – количественной оценки качества продукции горного предприятия, без чего невозможно эффективное управление его формированием в производственном процессе.

Таким образом, объектами количественной оценки в горной квалиметрии являются:

- продукция горного производства;
- технологии горных (в первую очередь добычных) работ;
- месторождения полезных ископаемых и их составные части.

Продукция горного производства – это добытое полезное ископаемое (руда, уголь, строительный или поделочный камень, песок, кристаллы, слюда и др.). Предназначается эта продукция в качестве сырья для производства металлов, минеральных удобрений, тепловой и электрической энергии, строительных материалов и деталей, средств электроники, инструмента, ювелирных и других изделий.

Продукция горнорудного предприятия может иметь вид:

сырой руды – т.е. рудной массы, не подвергавшейся какому-либо улучшению качества;

товарной руды – рудной массы, качество которой было улучшено путем сортировки, грохочения и частичной стабилизации;

концентрата – рудного сырья, в котором путем выполнения специальных процессов обогащения, значительно увеличены уровень и стабильность содержания полезных компонентов, улучшен гранулометрический состав.

Примечание: В некоторых отраслях, например в железорудной промышленности, понятия «концентрат» и «товарная руда» – синонимы.

На основании общего определения понятия ***качество продукции***, приведенного ранее, можно сформулировать, что ***качество продукции горного (горнодобывающего) производства представляет собой совокупность свойств добытого минерального продукта, обусловливающих пригодность использования его в виде сырья, а также для эксплуатации или потребления***

Качество любой промышленной продукции определяется качеством исходного сырья и качеством работы: