

12. Обухов А. Г., Баранникова Д. Д. Особенности течения газа в начальной стадии формирования теплового восходящего закрученного потока // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2014. – № 6. – С. 65–70.

13. Баутин С. П., Обухов А. Г. Одно точное стационарное решение системы уравнений газовой динамики // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2013. – № 4. – С. 81–86.

Сведения об авторах

Баранникова Дарья Дмитриевна, старший преподаватель кафедры алгебры и математической логики, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, тел. 89220700408, e-mail: lusy_and_jam@mail.ru

Обухов Александр Геннадьевич, д. ф.-м. н., профессор кафедры бизнес-информатики и математики, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень тел. 89220014998, e-mail: aobukhov@tsogu.ru

Information about the authors

Barannikova D. D., Senior Lecturer at the Department of Algebra and Mathematical Logics, Tyumen State University, phone: 89220700408, e-mail: lusy_and_jam@mail.ru

Obukhov A. G., Doctor of Physics and Mathematics, Professor at the Department Business-informatics and mathematics, Industrial University of Tyumen, phone: 89220014998, e-mail: aobukhov@tsogu.ru

УДК 692.691

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ
РЕМОНТА МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
С УЧЕТОМ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ
В ФУНКЦИОНАЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОМ ВИДЕ
IMPROVING THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF REPAIR
OF TRUNK PIPELINES WITH PRESENTATION OF INFORMATION
IN THE FUNCTIONAL ANALYTICAL FORM**

Ю. В. Колотилов, А. М. Короленок, С. В. Китаев

Yu. V. Kolotilov, A. M. Korolenok, S. V. Kitaev

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина, г. Москва

Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа

Ключевые слова: капитальный ремонт; магистральный трубопровод; система управления качеством продукции; единичный показатель качества; групповой показатель качества; интегральный показатель качества

Key words: repair; trunk pipeline; product quality management system; single indicator of quality; group indicator of quality; integrated indicator of quality

Для предметов материального производства совокупность их общественно полезных свойств выступает как потребительская стоимость, это означает, что товар удовлетворяет какой-либо общественной потребности. Таким образом, качество предмета, его способность удовлетворять потребностям, соответствующим его назначению, определяются совокупностью ограниченного количества свойств, определяющих возможность удовлетворения этих потребностей. Эти свойства, определяющие качество предмета, будем называть показателями качества [1, 2]. Оценка качества предмета — это оценка соответствия значений каждого показателя качества соответствующему требованию к предмету со стороны потребителя. Такую сопоставительную оценку будем называть уровнем качества предмета, а общественно оправданный уровень качества, зафиксированный в нормативных документах и обязательный для всех предприятий и организаций, изготавливающих продукцию, будем называть нормативным уровнем качества. Следовательно, нормативный уровень качества определяется набором нормативных документов, включающих требования к каждому показателю качества продукции. В сфере строительства такими нормативами являются государственные стандарты (ГОСТ), государственные стандарты России (ГОСТ Р), строительные нормы и правила (СНиП), технические условия (ТУ) и другие подобные документы [3–5].

При наличии установленного нормативного уровня качества качество единицы продукции определяется сопоставлением значений показателей качества этого

предмета со значениями этих показателей, содержащимися в нормативах. Следовательно, для оценки качества продукции определяющее значение имеет нормативный уровень качества. Нормативный уровень качества устанавливается для всех видов продукции, производимой на разных этапах производства, и соответственно этому может относиться к начальной, промежуточной или конечной продукции [6, 7].

Нормативный уровень качества конечной продукции строительного производства в значительной степени определяется уровнями качества всех видов продукции, использованной при строительстве объекта. Эта связь действует при установлении нормативного уровня качества конечной и всех видов начальной и промежуточной продукции. Таким образом, мы имеем действующую иерархическую структуру, состоящую из связанных между собой подсистем разных рангов (рис. 1).

Установление или пересмотр нормативного уровня качества возводимого объекта влечет за собой пересмотр нормативных уровней качества всех входящих в него видов продукции. Например, принято решение об увеличении требований к изоляционному покрытию магистральных трубопроводов. После того как количественно сформулированы эти требования (например, изменение физико-механических свойств изоляционного материала на битумно-резиновой основе), следует, спускаясь по иерархической структуре, пересмотреть подсистему первого ранга — требования к типам и конструкции изоляционных покрытий на основе битумно-резиновой мастики; подсистему второго ранга — требования к физико-механическим свойствам изоляционного материала; подсистему третьего ранга — требования к грунтовкам под изоляционные покрытия, технические условия наполнителей и пластификаторов для битумных мастик; подсистему четвертого ранга — требования к минеральному сырью для изоляционного материала.

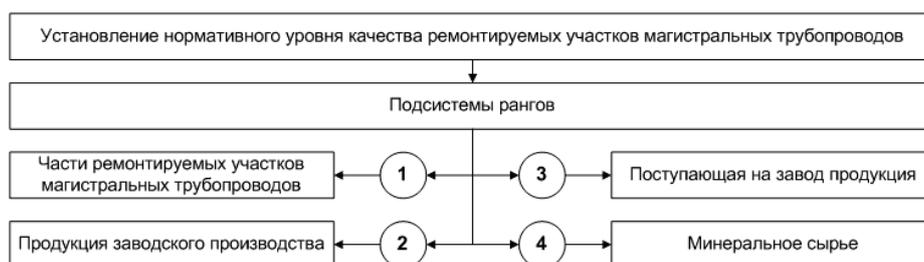


Рис. 1. Нормативный уровень качества конечной продукции строительного производства

Такой пересмотр нормативных уровней качества основывается на реальных возможностях в каждой из подсистем. Эти возможности возрастают по мере совершенствования производства (научно-технического прогресса). Могут быть случаи, когда выполнить идущее сверху требование технически невозможно при данном состоянии производства, а перестройка его длительна и требует больших материальных затрат. В этом случае возникают коррективы, идущие снизу вверх. В результате образуется некое компромиссное решение, которое включает взаимосогласованные нормативные уровни качества всех видов продукции.

Нормативный уровень качества продукции подлежит систематическому пересмотру в зависимости от действия четырех групп факторов (рис. 2) [8–10]: возрастающих требований потребителя к конечной продукции, то есть к эксплуатационным качествам сооружаемых трубопроводов; уровня развития науки и техники, на котором может быть принципиально основана реализация возрастающих требований потребителя; способности производственной базы выпускать новую продукцию; возможности выделения средств на мероприятия, связанные с переходом на

выполнение строительно-монтажных работ с новым нормативным уровнем качества.

При благоприятном сочетании этих факторов формулируется новый нормативный уровень качества конечной продукции в виде комплекса требований, закрепляемых нормативными документами (ГОСТ, ГОСТ Р, СНиП, ТУ и др.). На основе этих требований разрабатываются вторичные (и последующие) нормативные документы для промежуточных и начальных видов продукции всех уровней.

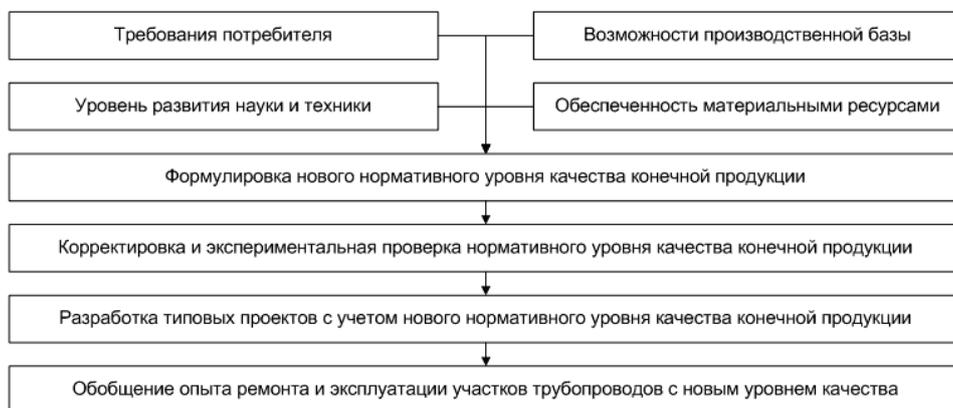


Рис. 2. Формирование нового нормативного уровня качества конечной продукции

Основываясь на установленных нормативных требованиях, ведется проектирование производства работ. Разрабатываются, экспериментально проверяются и, если необходимо, корректируются требования ко всем видам продукции. В результате экспериментальной или эксплуатационной проверки объектов вносятся коррективы, и разрабатываются типовые проекты строительных объектов, их частей или отдельных конструктивных элементов.

Типовые проекты используются в строительстве. Постепенно проводится обобщение опыта строительства и эксплуатации объектов с новым уровнем качества. Это дает возможность создания банка информации, где собираются сведения, необходимые для обоснования возможностей и целесообразности перехода на новый нормативный уровень качества.

Экономическая эффективность перехода на новый нормативный уровень качества конечной продукции строительного производства в сопоставлении с предшествующим, базисным уровнем может быть выражена в виде

$$\mathcal{E}_n = C_c - C_n - E \cdot (K_n + \Phi) + (I_c - I_n) / E,$$

где C_c и C_n — себестоимость конечной продукции при старом и новом нормативных уровнях качества соответственно; K_n — дополнительные капитальные вложения на всех этапах строительного производства в связи с переходом на новый нормативный уровень качества; Φ — остаточная стоимость ликвидируемых основных фондов в связи с переходом на новый нормативный уровень качества; I_c и I_n — годовые эксплуатационные расходы при использовании конечной продукции при старом и новом нормативных уровнях качества; E — нормативный коэффициент.

Значения \mathcal{E}_n могут быть различны, то есть $\mathcal{E}_n > 0$ или $\mathcal{E}_n \leq 0$. При $\mathcal{E}_n > 0$ полученная величина показывает экономию на уровне народного хозяйства, возникшую в результате перехода на новый нормативный уровень качества конечной

продукции строительного производства. Переход к новому, повышенному уровню качества продукции в ряде случаев производится с целью получения не экономического, а социального эффекта, требующего дополнительных затрат. В этом случае возможно соотношение $\mathcal{E}_n \leq 0$, а величина \mathcal{E}_n показывает размер дополнительных затрат, необходимых для достижения заданного социального эффекта.

При планировании перехода к новому уровню качества и подготовке документации возможно сопоставление вариантов организационных и технологических решений. Наиболее целесообразным будет вариант, для которого $\mathcal{E}_n \rightarrow \max$.

Установление нового, повышенного уровня качества продукции для какой-либо строительной организации не всегда прямо и непосредственно связано с изменением уровня качества всего сооружения, для возведения которого используется эта продукция. Если повышение качества продукции на каком-то этапе строительного производства создает экономию с учетом сокращения затрат в сфере использования, то установление нового уровня качества этой продукции может производиться автономно.

Количественная оценка качества продукции является необходимой частью аппарата, используемого в системе управления качеством. Только при наличии количественной оценки качества возможны планирование заданий по его повышению, подведение итогов выполнения этих заданий в организациях и на предприятиях, оценка работы отдельных исполнителей и т. д.

Однако получение объективной количественной оценки качества продукции связано с рядом существенных трудностей, главная из которых в том, что показатели качества, совокупность которых и определяет это качество, выражаются в несопоставимых измерителях. Например, качество изоляционного покрытия магистрального трубопровода выражается в показателях, которые можно непосредственно измерить в определенных физических единицах (толщина, степень адгезии и др.) и в показателях, которые такому замеру не поддаются (способность противостоять коррозии металла труб). Но поскольку оценивать качество строительной продукции все же нужно, то закономерно появление в научных трудах и на практике ряда предложений по приемам оценки качества.

В соответствии с разделом 7 «Контроль качества строительства, надзор за строительством» свода правил по организации строительства [11], регламентирующим оценку качества строительной продукции, качество сдаваемого в эксплуатацию строительного объекта выражается по трехбалльной шкале: 5 баллов — отлично; 4 балла — хорошо; 3 балла — удовлетворительно. Эти баллы определяются как средневзвешенные оценки частей сооружений, конструкций и видов работ. В своде правил не содержится четких указаний для оценки конструкций и видов работ. Сказано, что эта оценка производится путем установления степени выполнения нормативных требований. При этом указывается на возможность хорошей оценки — при наличии несущественных отклонений от нормативов, отличной оценки — при особо тщательном выполнении работ. В результате таких нечетких указаний оценки в ряде случаев получаются необъективными, а оценки, принятые разными приемочными комиссиями, в значительной мере не сопоставимы.

Другие предложения по оценке качества строительной продукции (конечной, промежуточной и начальной) различаются, главным образом, способом перехода от отдельных показателей качества к их совокупности. В некоторых предложениях обосновывается целесообразность оценки качества продукции по экономическим последствиям наблюдаемых отступлений от требований нормативных документов, то есть производится оценка дефектной продукции. В ряде предложений особое внимание уделяется оценке труда исполнителей. Накопленный опыт разработки и использования разных методов оценки качества продукции создает базу для разработки методов количественной оценки качества строительной продукции на всех стадиях производства.

К количественной оценке качества строительной продукция должны предъявляться основные требования.

- Объективность, которая должна обеспечиваться получением оценки расчетным путем по четко определенным правилам на основе обработки результатов натуральных наблюдений. Для осуществления этого кроме действующих в настоящее время нормативов, устанавливающих требования к продукции, необходимо будет составить расчетные нормативы, позволяющие единообразно сопоставлять наблюдаемые значения и нормативные требования.

- Оперативность, которая должна обеспечиваться формализацией всех расчетов и возможностью автоматизации сбора, обработки и анализа информации для определения показателей качества. При этом должна быть обеспечена возможность текущей оценки качества продукции в процессе ее изготовления с возможностью выдачи оценок по мере возникновения потребности в них (оценка отдельных видов работ, выполненных в течение определенного промежутка времени; оценка отдельных конструкций и частей объекта и др.), это создаст возможность получения накопительных оценок от начала производства строительного-монтажных работ до ввода в эксплуатацию. Итогом должна быть возможность получения общей оценки готового к эксплуатации объекта сразу после окончания строительного-монтажных работ.

- Единство методики и, как следствие, единообразие количественной шкалы, в которой будет измеряться качество всех видов строительной продукция (сооружения и его частей, видов работ, составляющих конструктивных элементов и др.). По этой же методике должно определяться и качество проектно-сметной документации.

Основой оценки качества продукции является сопоставление ее отдельных свойств — показателей качества — с требованиями, предъявляемыми к этим показателям в нормативных документах (нормативный уровень качества). Таким образом, следует исходить из значений показателей качества продукции. Показателем качества продукции будем называть количественное выражение значения одного из свойств продукции, входящего в совокупность, определяющую ее качество. Например, для труб магистральных трубопроводов это будет несущая способность, допуски размеров, качество поверхностей и т. д.

Количественная, оценка показателей качества, измеряемых в физических величинах, очевидна и не представляет принципиальных затруднений: допуски по размерам, объемной массе, требования к теплоизоляционным свойствам, морозостойкости и др.

Количественная оценка показателей, которые не могут быть непосредственно измерены в физических величинах (например, качество отдельных работ) должна производиться в некоторой относительной числовой шкале. Основой для оценки должна служить степень удовлетворения требований нормативных документов или осуществление решений, предусмотренных в проекте.

Возникает необходимость специального подхода и к количественной оценке комплексных показателей качества. Например, оценка обратной засыпки магистрального трубопровода с одновременной рекультивацией использованных при строительстве земель. Оценка разнообразных по физической сути и единицам измерения показателей качества должна быть произведена в единой количественной шкале, путем соответствующего перевода значений показателей качества в сопоставимый вид. Использование единой количественной шкалы для измерения всех показателей качества продукции является необходимым условием для количественной оценки качества продукции.

Показатели качества имеют свою иерархическую структуру, соответствующую структуре продукции. Конечная продукция (участок магистрального трубопровода) может быть рассмотрена как совокупность частей и видов работ, а часть — как

совокупность материалов и конструкций, используемых при его сооружении. Соответственно этому показатели качества, относящиеся к начальной продукции, изделиям, заготовкам, материалам, используемым при осуществлении строительства частей магистрального трубопровода и видов работ, будем называть единичными показателями качества (ЕПК), их совокупности в промежуточной продукции (частях сооружения, видах работ и др.) — групповыми показателями качества (ГПК), а в конечной продукции (промышленного объекта в целом) — интегральным показателем качества (ИПК).

Определение значения ЕПК, характеристики которых выражаются в единицах, подлежащих непосредственному замеру (м, кг, градусы и др.), производится в соответствии с требованиями метрологического обеспечения строительного производства. Значения ЕПК, характеристики которых не могут быть непосредственно замерены, а также совокупные значения нескольких ЕПК, определяющих качество продукции, производятся по законам квалиметрии. Для этого используется специально установленная шкала числовых значений, определяющих степень соответствия наблюдаемого значения нормативу. Для определения этих значений в ряде случаев может быть использована экспертная оценка. Совокупное значение нескольких ЕПК устанавливается путем выражения значений каждого из них в единой шкале показателей. Переход к такой шкале требует учета значимости каждого ЕПК в формировании качества исследуемой продукции.

Таким образом, числовая шкала, в которой выражаются количественные оценки качества, может быть любой, но при обязательном учете следующих требований:

- шкала должна предусматривать возможность достаточной дифференциации оценки качества продукции. Это позволит планировать четкие задания по повышению ее качества, объективно подводить итоги деятельности организации, подразделений и исполнителей, создать действенную систему стимулирования и т. д.;
- в принятой шкале должна быть обеспечена возможность оценки качества продукции в широком диапазоне: выше нормативных требований, ниже этих требований (наличие дефектов), но в установленных допустимых пределах (ниже этих пределов — бракованная продукция). При наличии дефектов должна быть обеспечена возможность определения затрат на их ликвидацию или устранения последствий отказов. При качестве продукции выше нормативного должна быть возможность определения эффекта, образующегося при этом;
- должна быть обеспечена возможность простого перехода от принятой числовой шкалы к балльным оценкам.

Список литературы

1. Бадьин Г. М. Справочник по измерительному контролю качества строительных работ. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 464 с.
2. Вышло В. А., Артемьев Б. Г. Техническое регулирование: безопасность и качество. — М.: ФГУП Стандартинформ, 2007. — 696 с.
3. Антипов Б. Н., Ангалева А. М., Короленок А. М. Алгоритм диагностирования нефтегазовых объектов с помощью методов теории информации // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2008. — № 2. — С. 32–36.
4. Модель процесса диагностирования нефтегазовых объектов / А. М. Ангалева [и др.] // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2008. — № 3. — С. 58–62.
5. Короленок А. М. Магистральные и промысловые трубопроводы: проектирование, строительство, эксплуатация, ремонт. Научно-технический сборник РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. — М.: Макс Пресс. — 2010.
6. Гарев В. М., Летчфорд А. Н., Орт А. И. Нормативные требования к качеству строительных и монтажных работ. — СПб.: Центр качества строительства, 2011. — 102 с.
7. Заруева Л. В., Дереповская Н. С., Евдокименко А. С. Управление качеством продукции в строительстве. — Новосибирск: НГАСУ, 2003. — 124 с.
8. Управление качеством / С. Д. Ильенкова [и др.] — М.: Юнити-Дана, 2004. — 334 с.
9. Мазур И. И., Шапиро В. Д. Управление качеством. — М.: Омега-Л, 2006. — 400 с.
10. Безопасность и качество в строительстве / В. И. Теличенко [и др.] — М.: Ассоциация строительных вузов, 2002. — 336 с.
11. СП 48.13330.2011. Свод правил. Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004. — М.: Центр проектной продукции в строительстве, 2011. — 22 с.

Сведения об авторах

Колотилов Юрий Васильевич, д. т. н., профессор кафедры нефтепродуктообеспечения и газоснабжения, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина, г. Москва, e-mail: kolotilov_yury@mail.ru

Китаев Сергей Владимирович, д. т. н., профессор кафедры транспорта и хранения нефти и газа, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, тел. 83472431419, e-mail: svkitaev@mail.ru

Короленок Анатолий Михайлович, д. т. н., декан факультета проектирования, сооружения и эксплуатации систем трубопроводного транспорта, Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И. М. Губкина, г. Москва

Information about the authors

Kolotilov Yu. V., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Petroleum Products Supply and Gas Supply, Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I.M. Gubkin, Moscow, e-mail: kolotilov_yury@mail.ru

Kitaev S. V., Doctor of Engineering, Professor at the Department of Transport and Storage of Oil and Gas, Ufa State Petroleum Technical University, phone: 83472431419, e-mail: svkitaev@mail.ru

Korolenok A. M., Doctor of Engineering, Dean at the Department of Designing, Construction and Operation of Pipeline Transport Systems, Russian State University of Oil and Gas (National Research University) named after I. M. Gubkin, Moscow

УДК 622.691:621.643(083)

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОЛОСТИ ГАЗОПРОВОДОВ DIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF THE INTERNAL CAVITY OF GAS PIPELINES

С. И. Перевощиков

S. I. Perevoschikov

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Ключевые слова: гидравлическое сопротивление; отложения в трубопроводах

Key words: hydraulic resistance; deposits in pipelines

Эффективность работы газотранспортных систем во многом зависит от состояния их трубопроводов, которые постоянно испытывают воздействие со стороны газовых потоков, содержащих посторонние включения в виде твердых механических и жидкостных частиц, а также гидратов.

Отложения из этих включений изменяют гидравлическое сопротивление трубопроводов и их пропускную способность; некоторые их разновидности, такие как гидраты, способны значительно перекрывать проходное сечение магистралей, что существенно осложняет транспорт газа. Поэтому состояние внутренней полости газопроводов находится под постоянным контролем.

Контроль может осуществляться периодически, с помощью сканирующих устройств, и в текущем режиме — по косвенным показателям, например по коэффициенту гидравлического сопротивления трубопроводов λ .

Каждый из отмеченных способов имеет свои особенности. Одной из особенностей сканирования является большой объем работ, связанный с его осуществлением. Диагностирование на основе коэффициента λ значительно проще. В этом случае достаточно располагать некоторыми сведениями о транспортируемом газе и значениями режимных параметров газопроводов. Эти данные регулярно регистрируются и заносятся в соответствующую оперативную документацию.

Диагностика по λ в связи с ее несложностью широко используется, но не в полном объеме возможностей. В том варианте, в котором она применяется в настоящее время, коэффициент λ находится с недостаточной точностью, наличие в трубопроводах отложений и их локализация не определяются. Также не устанавливается вероятный характер отложений, что имеет большое значение, так как вид отложений определяет степень их опасности, быстроту реакции на их появление и способы устранения нежелательных скоплений в трубопроводах.