

Применение статистических методов для определения качества строительства магистральных трубопроводов в районах Крайнего Севера

Р.И. Исмаилов

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье рассмотрена проблема оценки качества возведения линейной части магистрального трубопровода в условиях Крайнего Севера. Строительство объектов в районах вечной мерзлоты связано с дополнительными мероприятиями по поддержанию работоспособности трубопроводной системы. Дополнительным фактором, усложняющим работу на Крайнем Севере, являются более жесткие требования нормативной документации к выполняемым работам. Данные факты отражаются и на оценке качества возводимого объекта. Задача состоит в разработке метода оценки качества строительно-монтажных работ, который бы отвечал параметрам оперативности получения данных и простоте проведения расчетов. При разработке метода оценки качества строительства автором был применен метод анализа иерархий, для получения номенклатуры наиболее значимых видов работ с позиции безопасности объекта. Методы математической статистики были применены для обработки результатов проведенных замеров. Методика проверки статистической гипотезы позволила вывести доверительный интервал полученной выборки случайных величин. Практическая польза работы заключается в получении метода оценки качества, который позволяет, используя общедоступные данные о ходе производства работ, сделать выводы о качестве строительства объекта.

Ключевые слова: Метод анализа иерархий, коэффициент Стьюдента, генеральная совокупность, доверительный интервал, единичные показатели.

В статье рассмотрена проблема оценки качества возводимого объекта, на примере строительства линейной части магистрального трубопровода (ЛЧМГ). Объектом исследования выступил протяженный объект, возводимый в условиях Крайнего Севера. Актуальность проблематики обусловлена тем фактом, что около 70 % разведанных залежей газа находится в северных регионах [1].

Строительство объектов на Крайнем Севере имеет свою специфику, которая выражена в наличии дополнительных видов работ. Локация строительства объекта предполагает всевозможные мероприятия, заложенные в проектной документации, которые нацелены на обеспечение работы трубопровода в условиях агрессивной среды. Возникает потребность в поиске метода оценки качества, который дает возможность вне зависимости от количества измеряемых свойств объекта оперативно выводить итоговую оценку качества работ на ЛЧМГ.

В данной статье мы будем рассматривать возможность применения оценки единичных свойств качества выполненных работ, как основного метода по выявлению слабых сторон производства. Известны несколько способов оценки готовой продукции, применяемые в строительной отрасли. Одним из них является интегральный [2-3], где различные свойства готовой продукции сопоставляются с издержками производства и эксплуатации в течение определенного времени. Применение интегрального метода целесообразно на начальном этапе строительства, когда в расчет закладываются различные требования к качеству, включая экономически-финансовые. Интегральный показатель должен показывать отклонение реальной компании от виртуальной [4]. При всей эффективности интегрального метода оценки качества, его применение ограничено временными рамками и имеет смысл только на начальном этапе строительства. Для интегрального метода [5] не существует важных параметров, оценка качества ведется не по уровню производимых работ, а как заранее сложившийся вектор, при котором оценка складывается согласно множеству различных характеристик и экономическая часть оценки играет немаловажную роль.

Комплексный метод оценки вбирает в себя всевозможные свойства качества, предъявляемые к строительству. Данный вариант

предпочтительней интегрального коэффициента из-за отсутствия дополнительного финансово-экономического расчета. В ряде случаев в зависимости от целей оценки качества, необходимо выделить ряд свойств, которые отражают цель оценки.

Предложенный в работе вариант оценки качества за основу берет единичные показатели качества производимых работ. В зависимости от предыдущих методик оценки, выбор единичных показателей для оценки учитывает минимально необходимый объем свойств и не нагружает расчет комплексом вычислений. Это соответствует главному требованию к разрабатываемому методу- оперативности.

Сначала в процессе организации оценки качества строительства необходимо определиться с перечнем работ, которые будут составлять генеральную совокупность, т.е. номенклатуру работ, которые будут участвовать в оценке. Необходимо, таким образом, вычленив из всего перечня СМР, только тот минимально необходимый объем работ, который отразит все важнейшие характеристики возводимого объекта.

Предлагается для этих целей применить метод анализа иерархий (МАИ), проще говоря, провести экспертный опрос. В основе метода лежит парное сравнение различных вариантов по каждому из критериев [6]. Данный метод предпочтителен по нескольким критериям [7]:

1. Удобство: для определения номенклатуры нам необходимо создать комиссию из числа квалифицированных сотрудников, алгоритм работы метода конвертирует оценки специалистов в итоговый результат;
2. Скорость производства расчетов и, соответственно, выводов.

Для ускорения процесса определения результатов выборки предлагается использовать замеры, проводимые при операционном контроле СМР.

Следующий шаг – это определение метода по статистическому расчету выборки. Наиболее интересным видится применение метода доверительных интервалов [8], который обозначает, что при определении конкретной выборки из случайных величин, используя заранее проведенные расчеты можно обозначить границы, которые будут отсеивать результаты, создающие шумы, в процессе оценки качества объекта. Шумами мы называем результаты замеров, выполненных СМР, которые выбиваются из сформированной выборки.

После определения генеральной совокупности, согласно формуле (1), рассчитываем среднеарифметическое значение:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (1)$$

, где n – количество измерений, x_j – j -й элемент выборки.

Формулой (2) [9,10] находим характеристику выборки, что дает возможность выявить, в каких границах находятся результаты замеров и насколько велико отклонение от нормативного значения.

$$\widehat{X}_{Me} = X \left[\frac{n}{2} \right] + 1 \quad (2)$$

Важным моментом в процессе проведения расчетов является выявление величины размаха. Размах — это степень отклонения полученных значений, близких или соответствующих нормативным показателям от наиболее низких показателей выполненных работ (3).

$$R = X_N - X_l \quad (3)$$

, где X_N – показатель, приближенный к нормативным значениям; X_l – значение, которое лежит за границей допустимых значений.

Более точный расчет оценивания вариации данных (4) - дисперсия.

$$\widehat{\sigma^2} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{X})^2 \quad (4)$$

Для понимания стабильности производства и выявления возможных факторов, оказывающих влияние на низкое качество работ, применим формулу (5) коэффициента осцилляции:

$$K_o = \frac{R}{X} 100\% \quad (5)$$

Коэффициент осцилляции показывает степень колебаний низких результатов, в границах средних показателей. Частота появления вновь произведенных замеров, за границей усредненных данных, должна служить сигналом к принятию соответствующих производственных решений.

Заключительным этапом является расчет доверительного интервала (6) через коэффициент Стьюдента [11]. Для этого необходимо задать коэффициент значимости α (0.1, 0.05, 0.01) и соответствующие им доверительные вероятности (0.0, 0.95, 0.99):

$$\bar{X} - t_{\alpha n-1} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} < \mu < \bar{X} + t_{\alpha n-1} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (6),$$

где t_{α} – распределение Стьюдента.

Применение доверительных интервалов, при обработке полученных измерений, дает возможность максимально оперативно реагировать на изменение качества СМР. На графике 1 продемонстрирован разброс измерений укладки трубопровода. Согласно нормативным документам, отклонение высотных отметок должно составлять не более 100 мм выше проектной отметки и не более 50 мм ниже этой отметки.

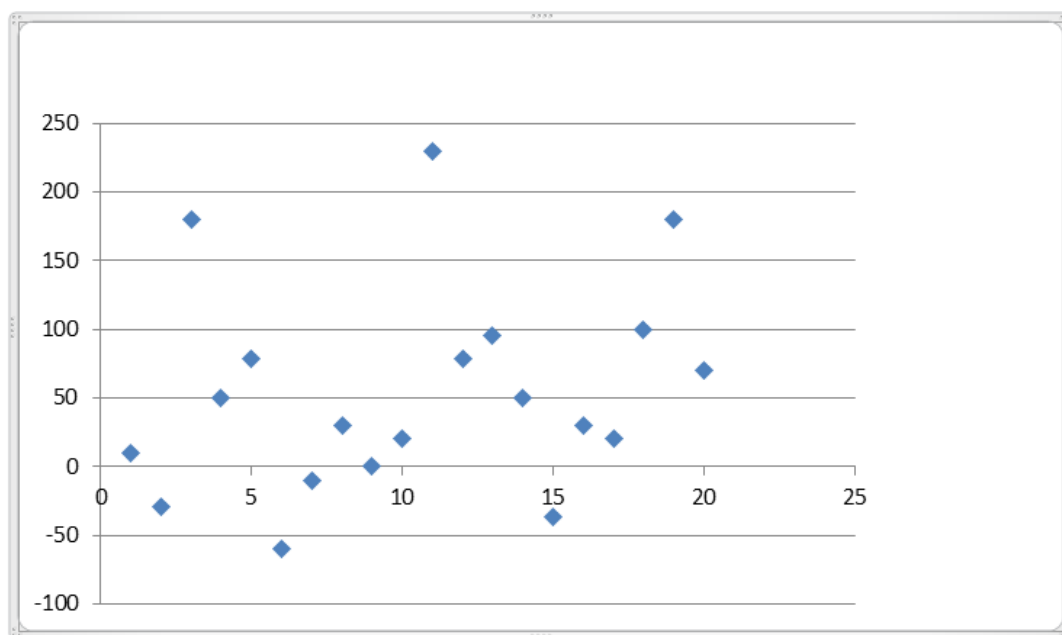


График 1. – Доверительный интервал для работ по укладке трубопровода.

Вычисления, которые мы произвели, показали, что доверительный интервал выборки лежит в диапазоне от 150 мм до -70 мм. Это означает, что, даже выйдя за границы, допустимые нормами, мы получаем интервал значений, который не позволяет нам определить сложившуюся ситуацию, как сигнал о низком качестве СМР. Тем не менее, доверительный диапазон позволяет идентифицировать аномальные показатели случайных величин и оперативно их отслеживать.

Основное достоинство метода — это оперативность получения данных, что дает возможность регулировать качество СМР на объекте, на любом этапе строительства. Проведя анализ СМР на основе метода доверительных интервалов, мы можем отслеживать перепады качества и принимать соответствующие производственные решения.

Заключение. Оценка качества строительства линейной части магистрального трубопровода усложняется несколькими факторами, к одному из них можно отнести временные рамки получения данных. Именно время получения выводов о качестве проводимых работ обосновывает

затраченные на оценку усилия. Стоимость затрат на оценку, процесс определения качества всего объекта в целом связан с дополнительными затратами, не учтенными в сметах. Необходимость проведения столь масштабной процедуры может быть связана с низкими показателями качества СМР. В рамках крупных промышленных объектов это чревато неосвоением лимитов капитальных вложений, а также срывом сроков ввода объекта в эксплуатацию. Описанный выше метод оценки качества ЛЧМГ учитывает упомянутые трудности. Основными преимуществами метода являются скорость и удобство построения расчетов. Применение данных ежедневного операционного контроля при использовании статистических методов обработки данных позволило без дополнительных затрат получить информацию, отвечающую требованиям достоверности и оперативности. Оперативность нужна для принятия управленческих решений, в случае неудовлетворительного уровня качества. Таким образом, мы получаем возможность выявления уровня качества на любом этапе строительства и соответственно регулируем качество возводимого объекта.

Литература

1. Колоколова Н.А., Гаррис Н.А. // О выборе способа прокладки трубопроводов в районах вечной мерзлоты // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. 2013. № 1. С. 13-16,
 2. Мелехин В.Б. Магдиев А.Ш. / Разработка методики интегральной оценки качества строительно-монтажных работ в реальном времени // Интернет-журнал «Наукоедение» 2014. № 4 (23). URL: naukovedenie.ru/PDF/67EVN414.
 3. Асаул А.Н., Шишлов Г.И. Управление организационной эффективностью строительной компании. Санкт-Петербург. СПбГАСУ. 2008. 152 с.
-

4. Гличев А.В., Панов В.П., Азгальдов Г.Г. Что такое качество? Москва. Экономика. 1968. 135 с.
5. Howarth T. Greenwood D. // Construction Quality Management. Routledge. New York. 2018 248 p.,
6. Земцов А.Н., Болгов Н.В., Божко С.Н. Многокритериальный выбор оптимальной системы управления базы данных с помощью метода анализа иерархий. // Инженерный вестник Дона. 2014. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360/
7. Побегайлов О.А., Исмаилов Р.И. Обоснование номенклатуры параметров осуществления операционного контроля // Вестник Евразийской науки, 2019. №3. URL: esj.today/PDF/47SAVN319/
8. Серпокрылов Н.С., Мкртчян Т.М. Определение коэффициентов шероховатости и Шези для расчета участков сетей водоотведения в условиях сокращения расходов сточных вод. Инженерный вестник Дона. 2013. Номер 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1925/,
9. Christoph D. Construction of confidence intervals // Hochschule Niederrhein, Fachbereich Elektrotechnik & Informatik (2017). Niedderhein University of Applied sciences. Technical Report No. 2017-01. pp. 15-27.
10. Степнов М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний. Справочник. Москва. «Машиностроение» 1985. 232 с.
11. Tarasińska. J // Confidence intervals for the power of Student's *t*-test. Department of Applied Mathematics, Agricultural University, Akademicka 13, 20-934 Lublin, Poland. Pp. 125-130.

References

1. Kolokolova N.A., Garris N.A. Transport i xranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo sy`r`ya. 2013. № 1, pp. 13-16.
2. Melexin V.B. Magdiev A.Sh. Naukovedenie 2014. №4 (23). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/67EVN414/>.
3. Asaul A.N., Shishlov G.I. Upravlenie organizacionnoj e`ffektivnost`yu stroitel`noj kompanii. [Organizational performance management of a construction company.] Sankt-Peterburg. SPBGASU. 2008. 152 p.
4. Glichev A.V., Panov V.P., Azgal`dov G.G. Chto takoe kachestvo? [What is quality?] Moskva. E`konomika. 1968. 135 p.
5. Howarth T. Greenwood D. Construction Quality Management. Routledge. New York. 2018. 248 p.
6. Zemtsov A.N., Bolgov N.V., Bozhko S.N. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2360/,
7. Pobegajlov O.A., Ismailov R.I. Vestnik Evrazijskoj nauki, 2019, №3. URL: esj.today/PDF/47SAVN319/,
8. Serpokrylov N.S., Mkrtchyan T.M. Inzhenernyj vestnik Dona. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1925/,
9. Christoph D. Hochschule Niederrhein, Fachbereich Elektrotechnik & Informatik; Niedderhein University of Applied sciences. Technical Report. 2017. No. 2017-01, pp. 15-27,
10. Stepnov M.N. Statisticheskie metody` obrabotki rezul`tatov mexanicheskix ispy`taniy. [Statistical methods for processing the results of mechanical tests.] Spravochnik. Moskva. «Mashinostroenie» 1985. 232 p.
11. Tarasińska. J. Department of Applied Mathematics, Agricultural University, Akademicka 13, 20-934 Lublin, Poland, pp. 125-130.