

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА СТАДИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.Х. Байбурин

TECHNICAL REGULATION OF SAFETY AT THE CONSTRUCTION STAGE

A.K. Bayburin

Предложена методика технического регулирования безопасности на стадии строительства, основанная на вероятностном критерии отказа несущих конструкций, регулировании точности технологических процессов и совершенствовании системы качества организации.

Ключевые слова: техническое регулирование, безопасность, точность процесса, система качества.

The method of technical regulation of safety at the construction stage based on the probabilistic failure criterion of bearing structures, regulation of technological processes accuracy and development of quality system of organization is offered.

Keywords: technical regulation, safety, processes accuracy, quality system.

Современная нормативно-правовая база строительства требует разработки новых критериев оценки качества работ, основанных на методологии риска и анализе безопасности возводимых конструкций. В качестве концептуально-методологического принципа обеспечения качества и безопасности строительства используем функционально-системный подход. Будем рассматривать безопасность как главный системообразующий фактор, позволяющий сформировать систему технического регулирования из элементов, взаимодействующих для достижения заданного результата (безопасности).

Безопасность как целевая функция обеспечивается взаимодействием систем трех уровней: системой качества организации (экономико-управлен-

ческой системой); технологическими процессами строительного производства (организационно-технологической системой) и показателями качества строительной продукции – оснований, конструкций, инженерного оборудования (технических систем). Указанные системы в их взаимодействии образуют последовательность типа «вход – процесс – выход», а безопасность рассматривается как интегральное свойство строительной продукции, как результат (рис. 1).

Техническое регулирование безопасности в процессе строительства осуществляется «обратным ходом», начиная с контроля качества оснований, конструкций, инженерных систем, переходя к регулированию точности технологических процес-

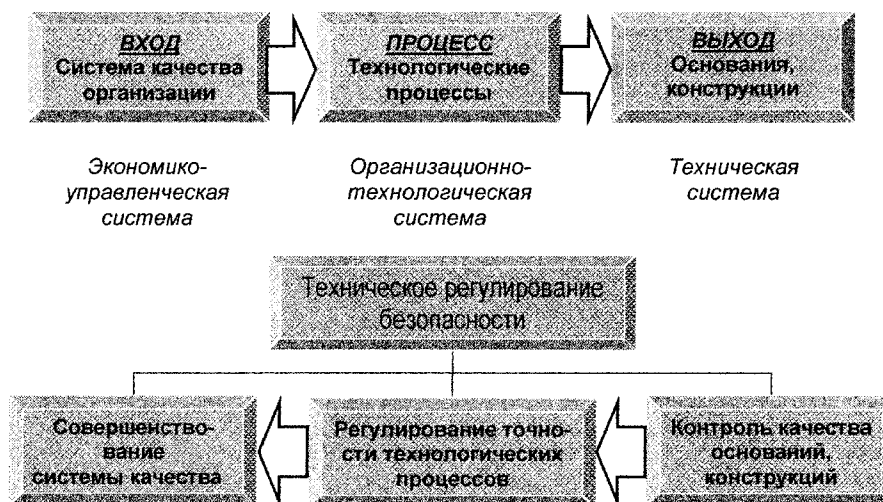


Рис. 1. Концептуальная модель регулирования безопасности на стадии строительства

сов и далее к совершенствованию системы качества строительной организации. Блок-схема технического регулирования безопасности на стадии строительства приведена на рис. 2.

На этапе 1 осуществляем риск-ориентированный контроль строительной продукции по комплексному показателю качества, используя относительный показатель несущей способности,

$$K_R = R/R_{np} \geq K_R^{lim}, \quad (1)$$

где R, R_{np} – значения фактической и проектной несущей способности; K_R^{lim} – предельная величина K_R при неблагоприятном сочетании допускаемых отклонений.

На этапе 2 проводим оценку технического риска – вероятности отказа несущей конструкции при нарушении условия прочности (1).

При этом проверяется условие безотказной работы конструкции

$$P\{K_R \geq K_R^{lim}\} = \Phi\left(\frac{K_R - K_R^{lim}}{S(K_R)}\right) \geq P^{lim}, \quad (2)$$

где P, P^{lim} – значения фактической и допустимой вероятности безотказной работы конструкции; $S(K_R)$ – стандартное отклонение показателя K_R для проконтролированной партии.

При нарушении условия безопасности (2) переходим к этапу 3 – регулированию точности технологических процессов по критерию безопасности конструкций. Выполняем проверку условия точности процесса по критерию несущей способности:

$$K_T = \frac{\bar{K}_R - 1}{t_{\alpha, \nu} S(K_R)} \geq 1, \quad (3)$$

где $t_{\alpha, \nu}$ – квантиль распределения Стьюдента степени свободы $\nu = n - 1$ уровня доверия α ; n – объем контролируемой партии.

В случае невыполнения условия (3) переходим к

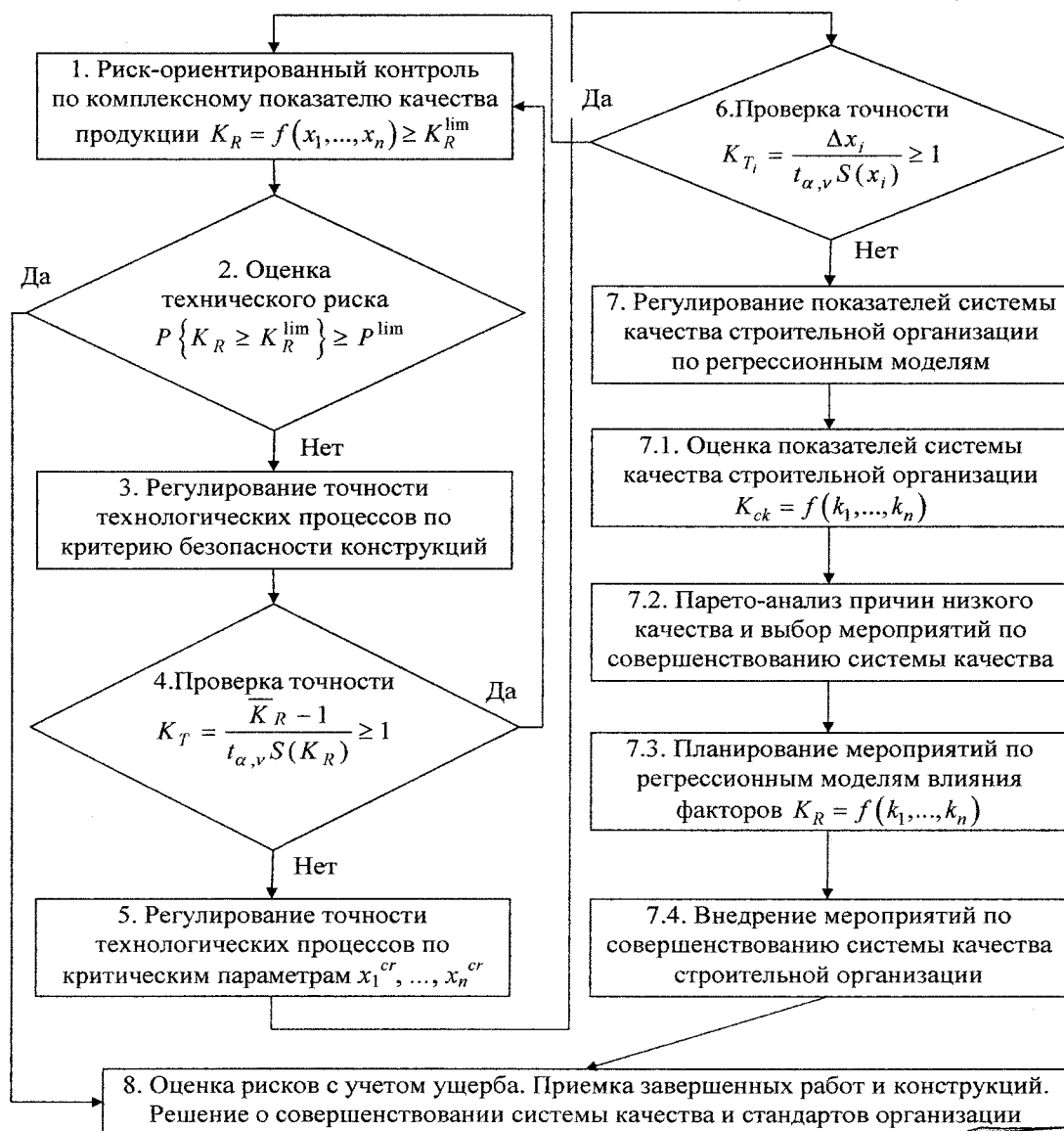


Рис. 2. Блок-схема технического регулирования безопасности на стадии строительства

регулированию точности технологических процессов по критическим параметрам $x_1^{cr}, \dots, x_n^{cr}$, входящим в функцию несущей способности $K_R = f(x_1, \dots, x_n)$ контролируемой конструкции (этап 5). После регулирования точности проверяем условие

$$K_T(x_i) = \frac{\Delta x_i}{t_{\alpha, \nu} S(x_i)} \geq 1, \quad (4)$$

где Δx_i – нормативный допуск на параметр; $S(x_i)$ – стандартное отклонение параметра x_i .

Если условие (4) не выполнено, необходимы мероприятия по повышению точности технологических процессов с целью достижения расчетных значений показателей и гарантированной прочности конструкций. Повышение точности достигается изменением методов работ, оснастки, высокой квалификацией исполнителей, усилением контроля. Если условия точности (3) или (4) соблюдены, вновь переходим к первому этапу технического регулирования.

Невыполнение условий (3) и (4) означает наличие системных сбоев в организации производства, контроля качества, менеджменте ресурсов, то есть в экономико-управленческой системе строительной организации (см. рис. 1). В этом случае переходим к этапу 7 – регулированию показателей системы качества строительной организации по регрессионным моделям. Оценку показателей системы качества выполняем экспертным методом, либо методом опросного листа с использованием критериев, изложенных в международных стандартах ISO 9000.

В результате Парето-анализа причин низкого качества осуществляем выбор приоритетных мероприятий по совершенствованию системы качества. Например, исследованиями [1] установлено, что около 55 % брака происходит из-за нарушения технологии работ и недостатков контроля качества. Следовательно, сосредоточив усилия на этих двух направлениях, возможно устранить половину брака.

Планирование мероприятий по совершенствованию системы качества выполняем по регрессионным моделям [2] зависимости показателя K_R и коэффициента вариации несущей способности $V(R)$:

$$K_R = -0,5786 + 0,5531T_p + 0,5077\Pi_k + 0,4661K_m + 0,2326Y_k + 0,3171Y_m; \quad (5)$$

$$V(R) = 0,6416 - 0,1820T_p - 0,2365\Pi_k - 0,2398K_m, \quad (6)$$

где T_p – показатель соблюдения технологии работ; Π_k – показатель полноты производственного контроля качества; K_m – показатель качества поставляемых материалов, изделий; Y_k – показатель квалификации рабочих и ИТР; Y_m – показатель обеспеченности механизмами, оснасткой и инструментом.

Допустим, аргумент функции стандартного

нормального распределения $\Phi(u)$ в формуле (2) задан из условия нормального распределения значений K_R и нормативной обеспеченности его значения:

$$P\{K_R \geq K_R^{\text{lim}}\} \geq 0,9985. \quad (7)$$

Тогда из условия (2) вероятности отказа конструкции получим

$$u = \frac{\bar{K}_R - K_R^{\text{lim}}}{V(R) \cdot K_R} = 2,968. \quad (8)$$

Подставив в (8) вместо статистических показателей их регрессионные модели (5) и (6), получим модель влияния показателей системы качества на безопасность несущей конструкции.

Внедрение мероприятий, направленных на повышение соответствующих показателей системы качества, обеспечивает выполнение условия безопасности (2). На последнем этапе регулирования производится оценка рисков с учетом ущерба и принимаются решения о приемке завершённых этапов работ и конструкций. Для различных потенциальных зон разрушения (например, элемент конструкции, комната, квартира, секция, здание, район) вычисляются соответствующие риски и сравниваются с предельно допустимым значением, например, фоновым значением риска для Российской Федерации [3].

Заключение. На основе функционально-системного подхода сформулирована концепция технического регулирования безопасности на стадии строительства, основанная на вероятностном критерии отказа несущих конструкций, регулировании точности технологических процессов и совершенствовании системы качества организации. Использование предложенного подхода позволяет проводить риск-ориентированный контроль качества, и, в случае невыполнения условий безопасности, регулировать точность технологических процессов и показатели системы качества по предложенным регрессионным моделям. Описанная методика создает механизм регулирования безопасности в соответствии с требованиями технического регламента «О безопасности зданий и сооружений».

Литература

1. Байбурун, А.Х. *Качество и безопасность строительных технологий: моногр.* / А.Х. Байбурун, С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с.
2. Байбурун, А.Х. *Исследование влияния технологических факторов на уровень качества возведения гражданских зданий* / А.Х. Байбурун // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2010. – Вып. 11. – № 33(209). – С. 20–24.
3. ГОСТ Р 53778–2010. *Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.* – М.: Стандартинформ, 2010.

Поступила в редакцию 18 апреля 2011 г.