

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

А.Х. Байбурин

Современная нормативно-правовая база строительства требует разработки новых критериев оценки качества работ, основанных на методологии риска и анализе безопасности возводимых конструкций. Безопасность, как целевая функция, обеспечивается взаимодействием систем трех уровней: системой качества организации; технологическими процессами строительного производства и показателями качества строительной продукции – оснований, конструкций, инженерного оборудования. Указанные системы в их взаимодействии образуют последовательность типа «вход – процесс – выход» (рис. 1).

Техническое регулирование безопасности в процессе строительства осуществляется «обратным ходом», начиная с контроля качества оснований, конструкций, инженерных систем, переходя к регулированию точности технологических процессов и, далее, к совершенствованию системы качества строительной организации (см. рис. 1). Блок-схема технического регулирования безопасности на стадии строительства приведена на рис. 2.

На этапе 1 осуществляют риск-ориентированный контроль строительной продукции по комплексному показателю качества, в качестве которого примем относительный показатель несущей способности

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

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

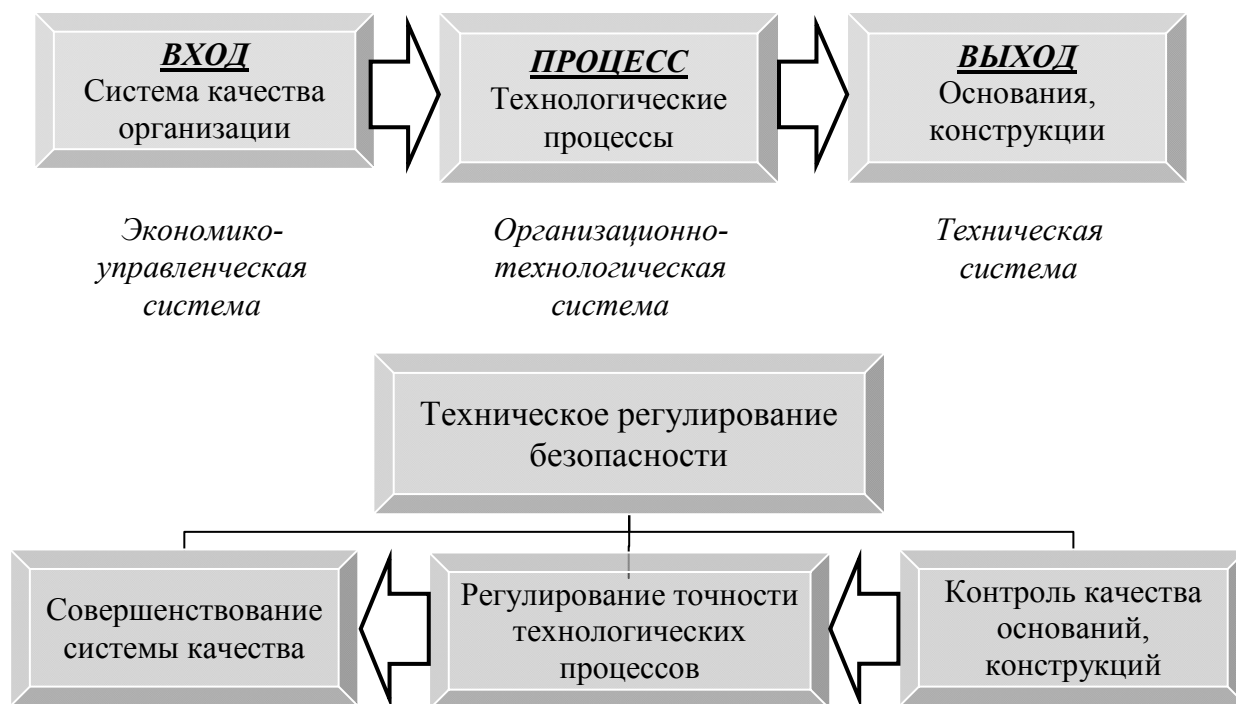


Рис. 1. Концептуальная модель технического регулирования безопасности в процессе строительства

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

При этом проверяется условие безотказной работы конструкции

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

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 третьему этапу – регулированию точности технологических процессов по критерию безопасности конструкций. Выполняется проверка 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 регулированию точности технологических процессов по критическим параметрам $x_1^{cr}, \dots, x_n^{cr}$, входящим в функцию несущей способности $K_R = f(x_1, \dots, x_n)$ контроли-

руемой 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 .

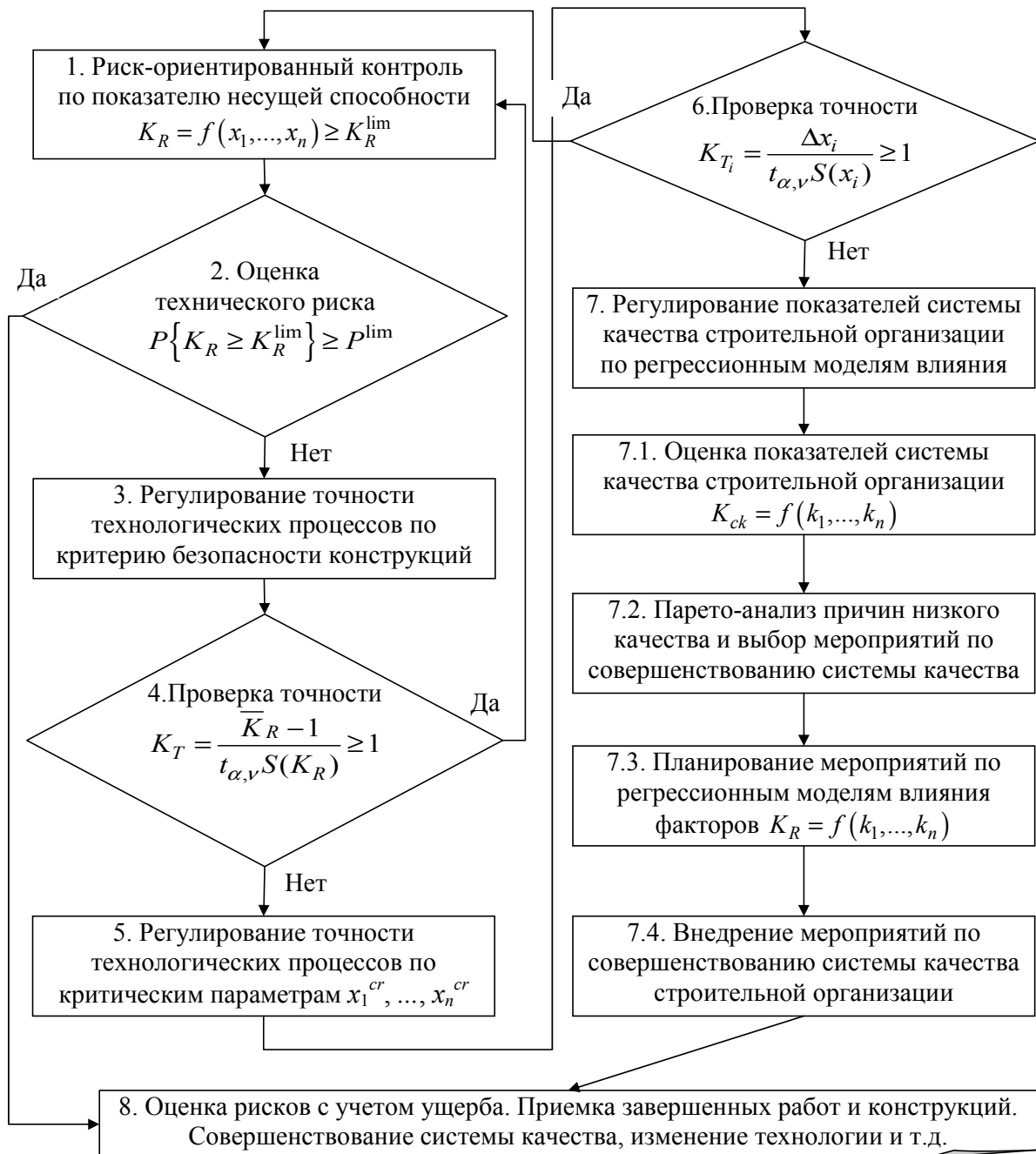


Рис. 2. Блок-схема обеспечения безопасности в процессе строительства

Если условие (4) не выполнено, необходимы мероприятия по повышению точности технологических процессов монтажа с целью достижения расчетных значений показателей и гарантированной прочности конструкций. Повышение точности достигается изменением методов работ, оснастки, повышением квалификации 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 выполняется 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 показатели: T_p – соблюдения технологии работ; Π_k – полноты производственного контроля качества; K_m – качества поставляемых материалов, изделий; Y_k – квалификации рабочих и ИТР; Y_m – обеспеченности механизмами, оснасткой, инструментом.

Допустим аргумент функции стандартного нормального распределения $\Phi(u)$ в формуле (2) задан из условия обеспеченности его значения 0,9985.

Тогда из условия (2) вероятности отказа конструкции получим

$$u = \frac{\bar{K}_R - K_R^{\lim}}{V(R) \cdot K_R} = 2,968. \quad (7)$$

Подставив в (7) выражения (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, здания, район) вычисляются соответствующие риски и сравниваются с предельно допустимым значением, например, фоновым значением риска для РФ [3].

Библиографический список

1. Байбурун, А.Х. Качество и безопасность строительных технологий / 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.