

Оценка уровня надежности с учетом организационно-технологических параметров строительства линейно-протяженных сооружений

*К.т.н., докторант Г.И. Абдуллаев**

ГОУ Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Для оценки уровня надежности проектных решений по организации строительства линейно-протяженных сооружений (ЛПС) большое значение имеют ведущие организационно-технологические показатели. Возникающие колебания и отклонения значений различных показателей от заданных или плановых их значений, тенденции развития этих отклонений дают наибольшую возможность оценить надежность выполнения утвержденных проектных решений. На наш взгляд рассмотрение комплекса организационно-технологических показателей совместно с вероятностными характеристиками выполнения проекта дает наиболее полную оценку надежности принятой к реализации программы работ.

Для оценки надежности реализации плана можно воспользоваться следующими отклонениями показателей или параметров от заданных значений:

- объемами перераспределения рассмотренных видов ресурсов между комплексами работ и сооружениями – ΔP_i ;
- объемами привлечения дополнительных ресурсов – $\Delta P_{доп.i}$;
- размерами изменения сроков окончания комплексов работ и строительства сооружений – $\Delta T_{ок.i}$;
- величинами изменения продолжительности выполнения комплексов работ и строительства сооружений – $\Delta T_{пр.i}$;
- объемами изменения приоритетов по взаимоувязке и очередности выполнения комплексов работ и строительства сооружений – $\Delta P_{р.i}$.

Определение уровня отклонений показателей для оценки надежности реализации плана на основе организационно-технологических показателей можно осуществить по формуле

$$H_{с.н.} = \sqrt{(\Delta P_t^2 \cdot Y_p + \Delta P_{доп}^2 \cdot Y_{рд} + \Delta T_{ок}^2 \cdot Y_{то} + \Delta T_{пр}^2 \cdot Y_{тп} + \Delta P_{р}^2 \cdot Y_{пр}) / (Y_p + Y_{рд} + Y_{то} + Y_{тп} + Y_{пр})}, \quad (1)$$

где $\Delta P_t, \Delta P_{доп}, \Delta T_{ок}, \Delta T_{пр}, \Delta P_{р}$ – размеры отклонений соответствующих организационно-технологических показателей на рассматриваемый момент времени t оценки уровня надежности;

$Y_p, Y_{рд}, Y_{то}, Y_{тп}, Y_{пр}$ – коэффициенты значимости и весомости организационно-технологических показателей соответственно.

$$\text{Здесь: } \Delta P_t = \sum_{i=1}^n \Delta P_{ti} / n, \quad \Delta P_{доп} = \sum_{i=1}^n \Delta P_{допi} / n; \quad \Delta T_{ок} = \sum_{i=1}^n \Delta T_{оки} / n; \quad \Delta T_{пр} = \sum_{i=1}^n \Delta T_{прi} / n;$$

$$\Delta P_{р} = \sum_{i=1}^n \Delta P_{ри} / n; \quad (2)$$

n – количество рассматриваемых комплексов работ и сооружений.

На основе выражения (1) можно сформировать общий подход для оценки надежности разработанного планового решения по строительству ЛПС, который представляется возможным описать следующим выражением

$$U^o = \rho \cdot (1 - \varepsilon / U_x^2) \rightarrow \max, \quad (3)$$

где ρ – коэффициент вероятности выполнения рассматриваемого комплекса строительно-монтажных работ в условиях принимаемого размера организационно-технологических параметров и объема различных ресурсов (ориентировочно можно принять 0,5 – 0,7);

ε – коэффициент, характеризующий скорость возрастания надежности плановой структуры в зависимости от степени увеличения отклонений плановых показателей от директивно заданных при их возможном увеличении (ориентировочно можно принять 0,3 – 0,8);

U_x – усредненное значение уровня отклонений принятых организационно-технологических показателей от директивно заданных, который можно определить на основе (1) с помощью выражения

$$U_x = \left(\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n \left[x_{ti} \cdot \left(\frac{T_{\text{Пр}}^{\text{Д}} - (t_{\text{ок}}^{\text{П}} - t_{\text{нач}}^{\text{П}})}{T_{\text{Пр}}^{\text{Д}}} \right) + x_{ti} \cdot \frac{(t_{\text{ок}}^{\text{Д}} - t_{\text{ок}}^{\text{П}})}{T_{\text{Пр}}^{\text{Д}}} + y_{ti} \cdot \frac{(\text{Пр}^{\text{Д}} - \text{Пр}^{\text{П}})}{\text{Пр}^{\text{Д}}} \right. \right. \\ \left. \left. + x_{ti} \cdot \frac{(\Phi_{\text{с}}^{\text{Д}} - \Phi_{\text{с}}^{\text{П}})}{\Phi_{\text{с}}^{\text{Д}}} + y_{ti} \cdot \frac{(A_i^{\text{Д}} - A_i^{\text{П}})}{A_i^{\text{Д}}} + y_{ti} \cdot \frac{(B_i^{\text{Д}} - B_i^{\text{П}})}{\text{Пр}^{\text{Д}}} + y_{ti} \cdot \frac{(M_i^{\text{Д}} - M_i^{\text{П}})}{M_i^{\text{Д}}} \right] \right) / n, \quad (4)$$

переменные x_{ti} и y_{ti} принимают следующие значения

$$x_{ti} = \begin{cases} 0 & \text{при } t_i \neq t_{\text{ок}i} \\ 1 & \text{при } t_i = t_{\text{ок}i} \end{cases} \quad \text{для всех } i = 1 \dots n, \quad t = 1 \dots T \quad (5)$$

$$x_{ti} = \begin{cases} 0 & \text{при } t_i \neq t_{\text{нач}i} \\ 1 & \text{при } t_i = t_{\text{нач}i} \end{cases} \quad \text{для всех } i = 1 \dots n, \quad t = 1 \dots T$$

При определении уровня отклонения ресурсов от директивно заданных значений (4) целесообразно учитывать выделенные финансовые средства $\Phi_{\text{с}i}$ на момент окончания работ на отдельном сооружении (комплексе работ), а также технические A_i , трудовые B_i и материальные M_i ресурсы на момент начала работ. Момент начала и окончания строительства можно фиксировать с помощью переменных x и y по представленным условиям (5) и (6).

Выражение (3) отражает надежность выполнения плановой структуры при ее реализации. При этом учитывается вероятность реализации плана при нормальных условиях на основе коэффициента ρ . Одновременно на уровень итоговой надежности оказывает значительное влияние принятая степень отклонений запланированных организационно-технологических показателей от директивно заданных – U_x . Чем запланированные показатели ниже директивных, тем выше запас прочности плана и тем выше надежность принимаемого плана.

Основная идея достижения высокой надежности реализации плановой структуры заключается в формировании конкретных заданий и установок в области организации и технологии возведения сооружений, выполнение которых возможно с достаточно большим запасом времени и основных ресурсов. Одним из способов достижения необходимого уровня надежности является резервирование. Создавая резерв времени и ресурсов, достигается ощутимое повышение надежности выполнения любой программы.

Вместе с этим необходимо учитывать, что при создании резерва ресурсов возможно возникновение простаивающих технических средств и трудовых коллективов, нецелесообразное накопление материалов и конструкций, заблаговременное выделение финансовых средств. Такой вариант обеспечивает существенное возрастание экономических затрат. Однако если резерв ресурсов направить на предельно возможное сокращение сроков строительства и выполнения комплексов работ, то экономические потери минимизируются и достаточно часто обнуляются или даже принимают положительное значение. Несмотря на некоторое снижение производительности из-за излишнего насыщения фронтов работ ресурсами сокращение сроков строительства обеспечивает получение дополнительных экономических эффектов.

На основе данных рассуждений можно предложить общую стратегию построения проектных решений. Она предполагает построение плана строительства ЛПС при предельно возможном насыщении фронтов работ ресурсами и кратчайшими сроками строительства, а также при наличии определенных возможностей добавления ресурсов в необходимых случаях из резервных возможностей. Все построения должны осуществляться в пределах выделенных ресурсов и назначенных сроков строительства при достижении определенных резервов во времени и ресурсах.

В этой связи разработка проектных решений должна осуществляться при четком выполнении установленных требований по продолжительности строительства отдельных сооружений, срокам окончания работ, соблюдении установленной очередности и приоритетов, использовании ресурсов в пределах выделенных объемов:

$$T \leq T_d; T_{\text{пр}}^{\text{п}} = t_{\text{ок}}^{\text{п}} - t_{\text{нач}}^{\text{п}} \leq T_d; t_{\text{ок}}^{\text{п}} \leq T_d; Pr_i^{\text{д}} \leq Pr_i^{\text{п}} \text{ для всех } i = 1 \dots n,$$

$$\sum_{i=1}^n \Phi c_{it}^{\text{п}} \leq \Phi c_t^{\text{д}}; \sum_{i=1}^n A_{it}^{\text{п}} \leq A_t^{\text{д}}; \sum_{i=1}^n B_{it}^{\text{п}} \leq B_t^{\text{д}}; \sum_{i=1}^n M_{it}^{\text{п}} \leq M_t^{\text{д}} \text{ для всех } t = 1 \dots T.$$

Здесь: $\Phi c_{it}^{\text{п}}$, $A_{it}^{\text{п}}$, $B_{it}^{\text{п}}$, $M_{it}^{\text{п}}$ – объемы инвестиций, технических, трудовых и материальных ресурсов, потребных в соответствии с планом на каждом i -м сооружении (комплексе работ) в каждый t -ый момент времени;

$\Phi c_t^{\text{д}}$, $A_t^{\text{д}}$, $B_t^{\text{д}}$, $M_t^{\text{д}}$ – объемы инвестиций, технических, трудовых и материальных ресурсов, установленных инвестирующим и управляющим органом в каждый t -й момент времени строительства ЛПС;

$t_{\text{нач}}^{\text{п}}$ и $t_{\text{ок}}^{\text{п}}$, $T_{\text{пр}}^{\text{п}}$ – сроки начала и окончания строительства i -го сооружения и его продолжительность возведения по разрабатываемому плану;

T_d – директивный срок строительства всего комплекса ЛПС;

$Pr_i^{\text{д}}$ и $Pr_i^{\text{п}}$ – значения приоритетов по i -му сооружению, заданных директивно и полученных при формировании плана соответственно.

Литература

1. Заренин Ю.Г., Збырко М.Д и др. Надежность и эффективность АСУ. М., 1975.
2. Хастингс Н., Пикок Д. Справочник по статистическим распределениям. М., 1980.
3. Маилян Л.Р. и др. Справочник современного строителя. Ростов-на Дону», 2006.
4. Гинзбург А.В. Автоматизация проектирования организационно-технологической надежности строительства. М., 1999.
5. Гусаков А.А. Организационно-технологическая надежность строительного производства в условиях автоматизированных систем проектирования. М., 1994.

* Гасым Исрафиль оглы Абдуллаев, Санкт-Петербург

Тел. раб.: +7(812) 297-59-49