

## **АНАЛИЗ РИСКОВ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЖИЛОГО ЗДАНИЯ**

**Улько А.А.**

**Научный руководитель – старший преподаватель Кузнецов А.А.**

*Сибирский федеральный университет*

Технологические процессы, отдельные операции, транспортировку и складирование грузов и т.д. в рамках строительства можно рассматривать как обособленные детерминанты рисков, связанные между собой главной задачей строительства – возведением здания.

Согласование действий отдельных технологических цепочек приводит к росту показателей рациональности стройки в целом и снижению качественных и количественных показателей рисков. Возможно полное исключение риска как типа, посредством исключения всей детерминанты, а также обратный процесс, формирующийся, как правило, при оперативном введении дополнительного техпроцесса или операции.

Общую оценку риска существования и работы строительного объекта можно оценить количественно, произведя анализ отдельных рисков и получение их численных характеристик, что позволит ранжировать строительство по степени риска, разрабатывать схемы оптимизации строек по степени риска, рационально разрабатывать проектно-технологическую документацию с расстановкой основного технологического и вспомогательного оборудования.

Помимо получения прямых количественных характеристик риска процессов, следует выделить косвенный показатель – уровень энергоэффективности стройки, выражающий степень загруженности оборудования и измеряемый непосредственно на объекте в процессе работы всего строительного объекта или вычисляемый на стадии разработки проектно-технологической документации в строительстве.

Таким образом, следует выделить два практических направления оценки степени риска строительства. Первое направление – оценка уровня риска на уровне проекта и второе – поверочная оценка уровня риска в процессе строительных работ измерением и расчетами.

Первое направление оценки позволяет произвести раннюю оптимизацию строительства и снижение общего уровня затрат еще на уровне разработки проектов производства работ.

Второе направление позволяет оценивать текущий уровень риска строительного объекта в реальном масштабе времени с учетом введения и исключения отдельных техпроцессов и операций.

Наименее затратным и ресурсоемким решением поставленной задачи является создание точной модели строительного объекта трехмерным (твердотельным) моделированием, либо аналитическое решение.

Результаты расстановки технологического оборудования соотнести с выявленными детерминантами риска, выработать математическое описание процесса расчета и снижения уровня риска по отдельным техпроцессам и в целом для строительного объекта. Общая схема решения поставленной задачи представлена на блок-схеме 1.

Разрабатываемая трехмерная модель представляет собой виртуальное пространство стройки в границах выделенного землеотвода. На объекте размещено здание, состоящее из четырнадцати этажей, два крана марки КБ 408.21, служебные и рабочие помещения, площадки складирования строительных материалов и прочие элементы присущие строительной площадке.



Блок-схема 1 – Общая схема решения задачи

Здание выполнено следуя современной тенденции строительства многоэтажных домов по монолитно-кирпичной технологии. Модель выполнена по реальным чертежам, уже существующего и эксплуатируемого здания. Согласно требованиям проекта здания и сопутствующей конструкторско-технологической документации на объекте размещены отдельные элементы здания, такие как: сваи, ростверки, цокольный этаж (подвал), внутренние и наружные стены, межэтажные плиты, лестничные марши, технический этаж (чердак).

Каждый кран установлен на собственный подкрановый путь, состоящий из верхнего и нижнего строения и путевого оборудования. Крановые пути выполнены согласно действующим нормам и правилам проектирования крановых путей башенных кранов.

Модели кранов выполнены по чертежам завода-изготовителя, имеют достаточную для целей работы степень детализации, в целом отвечают требованиям нормативно-технической документации.

Площадки для складирования строительных материалов выполнены для каждого из установленных кранов. На каждой площадке имеются различные элементы необходимые для полноценного строительного процесса: бункеры с бетоном, ящики с кирпичами, три вида опалубки, плиты ФБС, подпорные раскосы, элементы мусоропровода, лестничного марша, бетонного ограждения. Каждая площадка

установлена на насыпи, необходимой для соблюдения правил складирования строительных материалов.

Так же в модели представлены бетонные ограждения, элементы освещения, рабочие, служебные и складские помещения, дорожное полотно для передвижения грузового транспорта, грузовой транспорт, помещения для персонала охраны, мойка для автотранспорта, эстакады для разгрузки грузового автотранспорта, дорожные ограждения и знаки.

Количество расположенной на площадке техники (кранов, автомобилей), вспомогательного оборудования, выделенных площадок складирования и т.п. определено проектами производства работ, составляемыми до начала производства каждого вида работ и соответствует требованиям действующих нормативов.

Таким образом, данная модель объекта строительства разработана с высокой степенью подробности с целью проведения работы по оптимизации технологических цепочек и технологии проведения строительно-монтажных работ.

Общий вид строительной площадки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид строительного объекта

На рисунке 1 представлен общий вид строительного объекта с расставленным по территории основным и вспомогательным технологическим оборудованием.

Расстановка оборудования средствами трехмерного моделирования позволяет получить полноценную картину строительства, определить с высокими степенями точности объемные рабочие зоны оборудования и зоны совместной работы, рассредоточить оборудование для выравнивания загруженности захваток, определить трехмерные сложные контуры опасных зон отлета и падения грузов и т.д. в полной мере реализовать преимущества трехмерного моделирования представляется возможным только совместно с использованием соответствующей расчетной модели

Обработка данных производилась следующим образом.

где  $R_B$  – общий риск возникновения аварии на строительстве;  
 $R_{K1, K2, \dots, Ki}$  – риск возникновения аварии крана, 1, 2, ..., i – порядковый номер крана;  
i – общее число кранов;  
 $R_{uls}$  – общий риск аварии крановой техники.

где  $k_{\Sigma}$  – коэффициент срока эксплуатации, зависит от отработанного нормативного срока;

$\Sigma$  – интенсивность эксплуатации крана, (ПВ, %);  
 $k_{ср}$  – коэффициент среды, зависит от ветрового района и сезона работы;  
 $k_{ч}$  – коэффициент человеческого фактора, зависит от нанятого персонала и его квалификации;  
 $k_{д}$  – коэффициент дефектов, зависит от вида, количества и характеристики дефектов.

где  $k_{в.р.}$  – коэффициент ветрового района (приравнивается к 1, если кран соответствует ветровому району);

$k_{с.р.}$  – коэффициент сезона работы (весна, лето, осень, зима).

где  $k_{стр}$  – коэффициент вероятности ошибки стропальщика, выражается через вероятность нарушения норм правил промышленной безопасности и других нормативных документов;

$k_{кам}$  – коэффициент вероятности ошибки каменщика;

$k_{сиг}$  – коэффициент вероятности ошибки сигнальщика;

$k_{кр}$  – коэффициент вероятности ошибки крановщика;

$k_{ИТР1}$  – коэффициент вероятности ошибки ИТР по надзору за исправным состоянием крана;

$k_{ИТР2}$  – коэффициент вероятности ошибки ИТР по надзору за безопасным производством работ;

$k_{ЛО}$  – коэффициент вероятности ошибки лица, ответственного за безопасным производством работ;

n – количество лиц, ответственных на захватке;

$k_{прор}$  – коэффициент вероятности ошибки прораба;

$k_{сл}$  – коэффициент вероятности ошибки слесаря;

$k_{эл}$  – коэффициент вероятности ошибки электрика;

j – поправочный коэффициент квалификации (надежности) соответствующего сотрудника, оценивается при аттестации.

$$k_m = k_m^1 \cdot k_m^2 \cdot \dots \cdot k_m^i,$$

где 1, 2, ..., i – порядковый номер нарушения;

k – вероятность нарушения от 0 до 1;

m – профессия.

$$R_{uis} = (\exists \cdot k_3 \cdot k_4)_1 \cdot (\exists \cdot k_3 \cdot k_4)_2 \cdot \square \cdot (\exists \cdot k_3 \cdot k_4)_i.$$

Результат и наиболее вероятный путь рационализации строительства тогда формируется некоторым множеством, характеризующимся совместным изменением входящих в уравнения параметров. Исходными данными тогда становятся геометрические, скоростные характеристики объекта в целом, показатели отдельных техпроцессов и т.п.