

*Tatiana V. Dormidontova,
ScD, associate professor,
Samara State Architecture and
Engineering University*

Relation Between the Random Factors and the Technical and Economic Indicators of Construction

Key words: *casual factors, building indexes, плановые terms, subcontractors, suppliers, economy expense.*

Annotation: *the Use of deterministic methods in building envisages complete definiteness of basic data and presence of exact dependences on them feasibility indexes of building process. establishment of statistical dependence between the removable making of one mason, quantity and composition of brigade of eventual products can help optimal character to organize building production.*

Использование детерминистических методов в строительстве предусматривает полную определенность исходных данных и наличие точных зависимостей от них технико-экономических показателей строительного процесса. При заданном составе и объеме работ по ЕНиР точно определяется выработка звена рабочих.

В отдельных случаях такой подход к проектированию процесса строительства может привести к нежелательным осложнениям. Например, при поточном способе организации работ важным является своевременное обеспечение фронта работ для звена, выполняющего ведущую операцию. Простой этого звена рабочих означает либо срыв плановых сроков выполнения работ, либо штурмовщину, ведущую к некачественному выполнению работ. И в том, и в другом случае будет наблюдаться экономический ущерб - уменьшение прибыли за счет несвоевременной реализации продукции или дополнительные затраты на исправление дефектов.

Строительство – одна из немногих отраслей в России, создание продукции которой происходит в нестабильных условиях, под влиянием случайно возникающих обстоятельств. Причины их возникновения связаны со строительным производством - большая длительность возведения объектов, неподвижность создаваемой продукции, подвижность исполнителей, влияние природных факторов и др.

В строительстве участвуют большое количество различных организаций (субподрядчики, поставщики, др.), постоянно повышается сложность производственных процессов и технических форм управления. Поэтому влияние особенностей на конечную продукцию строительного производства в количественном отношении неопределенно. Например, зимние условия строительства снижают производительность труда, но степень снижения может быть различной в одних и тех же условиях.

Вероятностно - статические методы позволяют запроектировать строительный процесс таким образом, что на стадии проектирования будет установлена вероятность достижения запланированных показателей. Она нужна для того, чтобы определить степень риска, выражающаяся в том, что при ухудшении планируемых показателей возможен экономический ущерб. Например, при срыве сроков сдачи в эксплуатацию одного из заводов в Самарской области на 10 дней экономический ущерб составил десятикратную ежедневную прибыль завода. При этом важно определить, с какой вероятностью следует ожидать такой ущерб.

В качестве примера были рассмотрены два проекта производства работ на строительство домов в коттеджном посёлке. Один проект для своего осуществления требует больших затрат.

За счет привлечения дополнительных средств, процесс строительства станет более устойчив и в меньшей степени будет зависеть от различных случайных обстоятельств, например, если предусмотреть запасы строительных конструкций на временных складах, то это устраним зависимость хода строительства от работы транспортных организаций. В результате вероятность невыполнения плановых показателей составит величину 10%.

Другой проект производства работ предусматривает меньшие затраты, однако в нем отсутствуют те элементы, которые обеспечивают устойчивость строительного процесса в первом проекте. В результате вероятность невыполнения запланированных сроков строительства повысится до 30%.

По указанным проектам осуществляется строительство 100 зданий; дополнительные затраты на строительство одного здания по первому проекту составляют 5 тыс. руб. (на 100 здании – 0,5 млн.руб.); ущерб от срыва сроков строительства одного здания составляет 100 тыс.руб.

При строительстве зданий по первому проекту сроки строительства могут быть не выполнены с вероятностью 10%, т.е. на 10 зданиях. Возможный ущерб при этом 1,0 млн.руб. Следовательно, в рассматриваемом случае дополнительные затраты и ущерб составляет сумму 1,5 млн.руб.

При строительстве зданий по второму проекту достигается экономия 0,5 млн.руб. в средствах на осуществление строительства. Однако сроки строительства будут не выполнены на 30 зданиях, что соответствует ущербу 3,0 млн.руб. Таким образом, полный размер ущерба составит $3,0 - 0,5 = 2,5$ млн.руб, что значительно выше, чем в первом случае.

Следовательно, знание вероятностей достижения плановых показателей имеет важное практическое значение, связанное с экономным расходованием денежных средств.

Запроектированные строительные процессы должны быть эффективными. Это означает, что каждый процесс должен быть организован оптимально и с наименьшими затратами, при наибольшей выработке и высоком качестве. В этой связи решающее значение приобретает статистический анализ фактической деятельности различных строительных организаций.

Одним из способов повышения эффективности строительного производства является использование методов корреляции и регрессии. Эти методы позволяют

вскрыть наличие связей среди различных явлений и установить между ними статистические зависимости.

Эти зависимости нужны для уточнения и дополнения различиях нормативных показателей. Например, при составлении калькуляции трудовых затрат и проектировании соответствующих графиков производства монтажных работ вводится коэффициент выполнения норм. Этот коэффициент в целом учитывает конкретные условия работы монтажников и обычно принимается равным среднему значению отношения фактической выработки к нормативной. Он устанавливается единым для всех монтажных бригад. При организации работ по монтажу конструкций с транспортных средств, график доставки монтажных элементов увязывается с производительностью труда монтажников.

В соответствии с ЕНиР норма времени на монтаж одной колонны жилого дома зависит от площади самой колонны.

Было установлено, что время, затраченное на монтаж колонн второго - четвёртого этажей, минимальное, рисунок1. Из-за влияния высоты установка панелей девятого этажа занимает на 10- 13% больше времени. Такие же результаты были получены французскими исследователями при анализе влияния высоты на производительность труда при возведении 15-этажных зданий, рисунок 2. Французскими исследователями было установлено, что на первых шести этажах происходит снижение трудоёмкости монтажа в результате повторности монтажных элементов и приобретения практики рабочими.

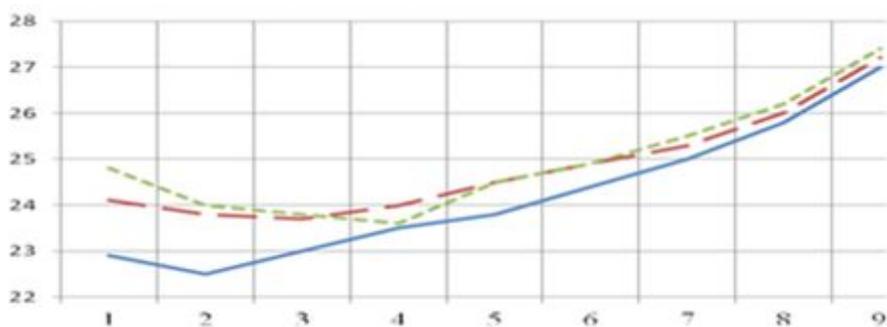


Рисунок 1 – Зависимость времени монтажа одной колонны от расположения на определённом этаже

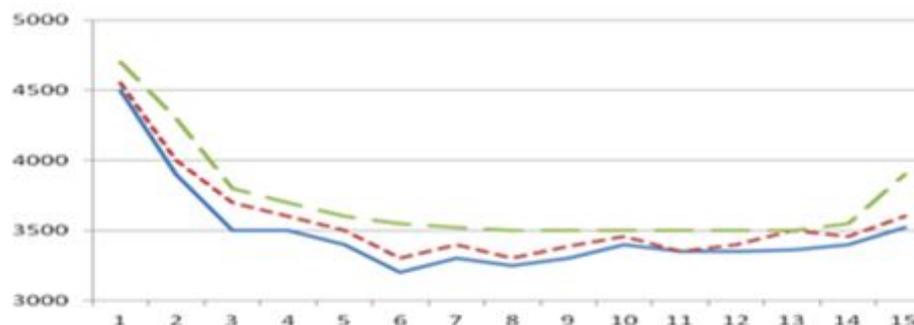


Рисунок 2 – Зависимость трудоёмкости возведения этажа от его расположения по высоте этажа

Время на монтаж одной колонны сокращается по мере увеличения количества смонтированных элементов. Время на монтаж одной колонны больше в начале работы, а также после обеденного перерыва. Это свидетельствует о потере темпа работы и снижении производительности труда при нарушении ритмичности производственного процесса.

Таким образом, экспериментально установлено наличие двух дополнительных факторов по сравнению с ЕНиР, влияющих на производительность труда монтажников. Учёт этих факторов позволит более чётко планировать график доставки (подъёма) монтажных элементов на строительную площадку и таким образом уменьшить время простоя автомобилей под разгрузкой или время простоя звена монтажников из-за отсутствия монтажных элементов.

В рассмотренном случае использование математической статистики позволит составить зависимость в форме уравнения регрессии между временем монтажа одной панели, расположением этажа по высоте здания и временем работы монтажников в течение одной смены.

Это уравнение может выглядеть таким образом:

$$H_{ep} = \epsilon_0 + \epsilon_1 \cdot N_{эм} + \epsilon_2 \cdot T \quad (1)$$

где $N_{эм}$ - номер монтируемого этажа по высоте здания;

T - количество отработанных часов в течение одной смены;

$\epsilon_0, \epsilon_1, \epsilon_2$ - постоянные коэффициенты.

Математическая статистика возникла как наука об оценке ошибок измерений. Поэтому любой статистический анализ заканчивается проверкой точности полученных результатов. Не исключение в этом отношении и приведённое выше уравнение. После его получения на основе опытных данных, производится оценка его точности. Это необходимо потому, что природа полученного уравнения случайна - при одних и тех же значениях $N_{эм}$ или T возможны разные величины H_{ep} . Например, на рис. 1 для трёх домов H_{ep} на монтаж одной колонны второго этажа составило от 22,4 до 24 минут. Подобный разброс характерен и для других этажей. Поэтому для того чтобы пользоваться уравнением регрессии, следует выяснить вероятную ошибку при его использовании. Информация о величине вероятности, какой-либо ошибки позволит обеспечить надёжность строительного процесса по тем принципам.

Уравнения регрессии, полученные на основе хронометражных наблюдений, можно использовать для оптимизации производственных процессов.

Рассмотрим пример оптимизации состава бригады конечной продукции при строительстве кирпичного дома. Было обследовано 25 бригад с различным численным составом. В этих же бригадах отношение количества каменщиков к общему количеству рабочих было различным. Результаты обследования приведены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние численности и состава бригады на выработку

№ п/п	Выработка, м ³ /см	Численность бригады, чел	% каменщиков в бригаде
1	1,31	32	48
2	1,18	37	45
3	1,34	42	42
4	1,09	47	37
5	1,11	52	39
6	1,58	57	42

Анализ данных таблицы приводит к заключению, что чёткой зависимости между численностью бригады и выработкой нет. Например, при количестве рабочих в бригаде 57 человек, наблюдалась максимальная выработка на одного каменщика - 1,58 м³/см. В то же время при минимальной численности бригады (32 чел) так же наблюдалась высокая выработка. Неопределённое влияние на выработку оказывает и относительное количество каменщиков в бригаде. Например, максимальная выработка появлялась при среднем значении (42%) количество каменщиков в бригаде.

Разобраться во влиянии каждого фактора друг на друга и на производительность труда, а также регулировать их влияние детерминистическими методами практически невозможно. Однако это становится вполне достижимым при использовании вероятностно-статистических методов. Результаты такого анализа могут быть использованы оптимального подбора состава бригады.

Для этой цели на основе данных табл. 1 строится уравнение регрессии второго порядка

$$V = \vartheta_0 + \vartheta_1 \cdot x + \vartheta_{11} \cdot x_1^2 + \vartheta_2 \cdot x_2 + \vartheta_{22} \cdot x_2^2 + \vartheta_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

где V - выработка на одного каменщика в смену;

x_1 - численность бригады;

x_2 - процент каменщиков в бригаде.

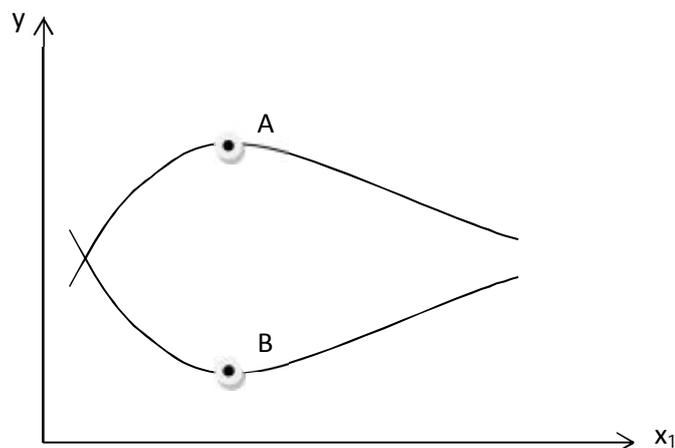


Рисунок 3 – Вид квадратных уравнений, точки •А и •В - экстремумы

Квадратное уравнение может иметь экстремум, то есть минимальное или максимальное значение, находящееся между крайними, рисунок 3.

Экстремальные точки определяют наиболее рациональную область организации строительного процесса. Например, точка А на рисунке 3 может соответствовать максимуму выработки y при вполне конкретной численности бригады x_1 . Для нахождения оптимальных условий производственного процесса необходимо квадратное уравнение продифференцировать по каждому из аргументов (x_1 и x_2) и результаты приравнять к нулю.

$$\left. \begin{aligned} 0 &= v_1 + 2v_{11} \cdot x_1 + v_{12} \cdot x_2 \\ 0 &= v_2 + 2v_{22} \cdot x_2 + v_{12} \cdot x_1 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Полученные два уравнения решаются совместно для определения значений x_1 и x_2 , соответствующих максимальной выработке y .

Таким образом, установление статистической зависимости между сменной выработкой одного каменщика, численностью и составом бригады конечной продукции может помочь оптимальным образом организовать строительное производство.

References:

1. *Dormidontova TC, Maltsev AC. Monitoring of technical state of construction objects: Design and construction in Siberia. 2010. No. 2(56).*
2. *Current problems in construction and architecture. Education. The science. Practice: proceedings of the regional 62nd scientific-technical conference on the results of research in the 2004 Part II/ SHASU. Samara, 2005; 449-451.*