

- уголками // Промышленное строительство. – 1979. -№10. – С. 13-14.
3. Чихладзе Е.Д., Петров А.М. Дослідження роботи брускових елементів при осовому та позацентровому стиску. // Зб.наук.пр. - Харків: ХарДАЗТ, 2000. Випуск 42, - С. 85-89.
  4. Кобзева Е.Н., Петров А.Н. Модель и методика исследования нелинейного деформирования брусковых конструкций. // Зб. наук. пр. Луганського державного аграрного Університету. Серія: Технічні науки. - Луганськ, 2004.-Вип. №49/52 – С. 15-21.
  5. Петров А.Н. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния бетонных колонн с внешним армированием уголками. // Вісник наукових праць Рівненського державного технічного університету. Збірник наукових праць. Випуск 3. – Рівне, 1999. – С. 238-242.

УДК 69.06:658.0.12.2

### ОБОСНОВАНИЕ ГРАНИЦЫ ДОПУСТИМОГО РИСКА В ВЫБОРЕ ВЕЛИЧИНЫ СМЕТНОЙ СТОИМОСТИ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПРИ ЗАКЛЮЧЕНИИ КОНТРАКТА

*И.Д. Павлов проф, д.т.н., Н.А. Данкевич аспирант*

*Запорожская государственная инженерная академия, г. Запорожье*

**Постановка проблемы:** С переходом на рыночные условия хозяйствования субъекты договоров подряда на строительство получили широкие возможности самостоятельно регламентировать договорные отношения при выполнении работ и оказании услуг в инвестиционно-строительной сфере. Вместе с тем, при заключении договоров их участники сталкиваются с рядом рисков. При заключении договора подряда на строительство объекта заказчик и подрядчик преследуют принципиально противоположные цели - заказчик стремится снизить цену, а подрядчик - увеличить ее. Поэтому управляющему органу необходимо предусмотреть такие договорные значения продолжительности и стоимости проекта, которые с допустимой степенью избыточности смогли бы ограничить объективно существующее разнообразие неприемлемых исходов строительства. Прежде чем заключить контракт, строительная фирма должна решить, какую величину убытка и с какой вероятностью она согласится понести в результате заданного разнообразия состояния системы, т.е. определить границу допустимого риска в выборе величины продолжительности и стоимости строительства при выдвижении условий на тендере подряда.

**Анализ последних исследований и публикаций:** Анализ отечественных и зарубежных исследований в области системотехники и влияния факторов неопределённости при планировании производственно-экономической деятельности строительной организации показывает, что учесть это влияние, значит, строительная организация будет обладать необходимой производственно-экономической надёжностью, позволяющей

достичь поставленных целей [1,2,3,4,7]. В мировой практике управления проектами граница допустимого риска определяется возможностью потери всей прибыли с вероятностью 10%. Таким образом, перед подрядчиком стоит задача выбора договорных значений продолжительности и стоимости строительства с такой нормой избыточности, которая с вероятностью 10% допускала бы возможные потери строительной фирмой и планируемой прибыли.

Решению отдельных вопросов этой проблемы посвящены работы Асаула А.Н., Афанасьева В.А., Вечерова В.Т., Винера Н., Гусакова А.А., Гумбы Х.М., Кириноса В.М., Колмагорова А.Н., Опарина С.Г., Павлова И.Д., Радкевича А.В. Тяна Р.Б., Уварова Е.П., Шеннона К., Р. Эшби.[2,5,6,7] Вместе с тем существует ряд вопросов, требующих дальнейшего теоретического и практического решения. В этой связи необходима разработка новых методов и совершенствование уже существующих.

**Формирование цели:** Обоснование границы допустимого риска в выборе величины сметной стоимости и продолжительности при заключении контракта.

**Основная часть исследования** Если инвестору требуется такая продолжительность строительства, что вынуждает подрядчика к максимально-возможной интенсивности освоения сметной стоимости, естественно при существующем ограничении на ресурсы, то в этом случае количество управляющих параметров по повышению надёжности получения прибыли, которыми располагает орган управления, уменьшается за счёт интенсивности потребления ресурсов, поскольку количество используемых ресурсов на  $(i, j)$  – ой работе является строго определённой (а именно: максимально-возможной) величиной. Поэтому управляющему органу необходимо предусмотреть такие значения оставшихся параметров, в частности  $T_a, C_a$ , которые с достаточной степенью избыточности смогли бы ограничить разнообразие неприемлемых фактических значений  $T_\phi$  и  $C_\phi$  при достижении поставленных целей.

Пусть в результате анализа возможных условий реализации проекта экспертной системой строительной фирмы получены плотности распределения  $P(T), P(C)$  и статистические функции распределений  $F(T), F(C)$  величины  $T$  и  $C$ .

Таким образом, строительная система характеризуется определённым разнообразием возможных состояний её характеристик продолжительности и стоимости. [7]

При этом временная энтропия системы вычисляется по формуле:

$$H_{tm} = - \int_{T_{\min}}^{T_{\max}} \delta(T) \log_2 \delta(T) dT \quad (1)$$

а стоимостная энтропия – по формуле:

$$H_{\tilde{m}} = - \int_{\tilde{N}_{\min}}^{\tilde{N}_{\max}} \delta(\tilde{N}) \log_2 \delta(\tilde{N}) d\tilde{N} \quad (2)$$

Пусть также заказчиком на тендере выдвинуты следующие условия реализации проекта :

$$\begin{cases} C = C_3 \\ T = T_3 \\ Y = E(T - T_3) \end{cases} \quad (3)$$

где  $Y$  - штрафы санкции за срыв сроков строительства;  
 $E$  – пеня за день просрочки.

Условия (3) ограничиваются разнообразием неприемлемых значений  $T$  и  $C$ , т.е. удовлетворяющих условиям:

$$\dot{C}_\phi \leq \dot{C}_{\max} \quad C_\phi \leq C_{\max} \quad (4)$$

Таким образом, при заданном разнообразии приемлемых значений стоимости ( $C$ ) и продолжительности ( $T$ ) энтропия системы вычисляется по формулам:

$$H_t = - \int_{T_3}^{T_{\max}} p(T) \log_2 p(T) dT \quad (5)$$

$$H_c = - \int_{C_3}^{C_{\max}} p(C) \log_2 p(C) dC \quad (6)$$

Избыточность данного ограничения разнообразия определяется по формуле:

$$R = 1 - \frac{H}{H_m} \quad (7)$$

Анализ формул (5, 6), позволяет сделать следующий вывод:

Если  $T=T^{\min}$  и  $C=C^{\min}$ ,  $R_t=0$ ,  $R_c=0$ , т.е. не наблюдается никакого ограничения разнообразия;

Если  $T=T^{\max}$  и  $C=C^{\min}$ ,  $R_t=R_c=1$ , т.е. ограничения разнообразия максимально.

На основании вышеизложенного перед подрядчиком возникают следующие задачи:

1. Анализ условий (4) в смысле получения расчётной прибыли;
2. Формирование таких условий (3), которые не только обеспечивали бы получение планируемой прибыли, но также и соответствовали бы высокой вероятности получения данного подряда на тендере, т.е. разумной избыточности ограничения существующего разнообразия (1), (2)

Очевидно, что первая задача является частным случаем второй, т.е. если в результате решения второй задачи подрядчиком получены значения  $T=T_d$ ,  $C=C_d$ , то сравнение их с условиями (3), можно сделать вывод о приемлемости заданных значений  $C_3$  и  $T_3$ .

Таким образом, именно цели деятельности подрядной организации являться основополагающими при выборе договорных показателей продолжительности  $T_d$  и стоимости  $C_d$  проекта.

Если в качестве договорных принять условие (3), то количественную оценку величины достигаемых в этом случае результатов можно дать на основе следующих соображений.

Задаёмся следующим условием:

- событием А превышение фактической стоимости над договорной (или заданной),  $C_\phi > C_d$ ;
- событие Б – превышение фактической продолжительности над договорной,  $T_\phi > T_d$ ;
- событие В – превышение договорной стоимости над фактической,  $C_\phi > C_d$
- событие Г – превышение заданной продолжительности строительства над фактической.

Математически эти условия выражаются следующим неравенствами

$$\begin{aligned} \text{А: } C_3 < C_\phi \leq C_{\max} & \quad \text{Б: } T_3 < T_\phi \leq T^{\max} \\ \text{В: } C^{\min} \leq C_\phi \leq C_3 & \quad \text{Г: } T^{\min} \leq T_\phi \leq T_3 \end{aligned}$$

В отношении события А, Б, В, Г, могут быть даны следующие количественные оценки (рис. 3.1 ):

1) вероятности появления событий:

$$P(A) = 1 - F(C \leq C_3), \quad (8)$$

$$P(B) = 1 - F(T \leq T_3), \quad (9)$$

$$P(V) = F(C \leq C_3), \quad (10)$$

2) максимальное значение достигаемых при появлении событий А, Б, В результатов (убытка ли дополнительной прибыли) и их вероятности:

$$\Pi_A^{\max} = C^{\max} - C_3, \quad P(\Pi_A^{\max}) = P(C^{\max}), \quad (11)$$

где  $\Pi_A^{\max}$  - максимальное значение потерь, когда  $C_\phi = C^{\max}$ ,

$$\Pi_B^{\max} = E(T^{\max} - T_3), \quad P(\Pi_B^{\max}) = P(C^{\max}) \quad (12)$$

где  $\Pi_B^{\max}$  - максимальное значение потерь, когда  $T_\phi = T^{\max}$ ;

$$D_B^{\max} = C_3 - C^{\min}, \quad P(D_B^{\max}) = P(C^{\max}) \quad (13)$$

где  $D_B^{\max}$  - максимальное значение дополнительных доходов, когда  $C_\phi = C^{\min}$

3) ожидаемые значения достигаемых результатов, а также вероятность того, что данные результаты не будут превышены (для потерь или занижены (для доходов):

$$C_{ож} = \int_{C^{\min}}^{C^{\max}} C p(C) dC \quad (14)$$

$$\Pi_A^{ож} = C_{ож} - C_3, \quad F(\Pi \leq \Pi_A^{ож}) = F(C \leq C_{ож}) \quad (15)$$

$$D_B^{ож} = C_{ож} - C_3, \quad F(D \leq D_B^{ож}) = F(C \leq C_{ож}) \quad (16)$$

где  $C_{ож}$  – математическое ожидание стоимости строительства;

$F(C \leq C_{ож})$  - вероятность того, что фактическая стоимость не превысит ожидаемого значения;

$\Pi_A^{ож}$  - ожидаемое значение потерь при условии, что  $C_{ож} > C_3$ , т.е. при наступлении события А;

$F(\Pi \leq \Pi_A^{ож})$  - вероятность того, что потери  $\Pi_A^{ож}$  не будут превышены;

$\mathcal{D}_B^{ож}$  - ожидаемое значение дополнительного дохода при условии, что  $C_{ож} > C_3$ , т.е. при наступлении события В;

$F(\mathcal{D} \leq \mathcal{D}_B^{ож})$  - вероятность того, что доход  $\mathcal{D}_B^{ож}$  не будет занижен;

$$T_{ож} = \int_{T^{\min}}^{T^{\max}} E(T - T_3) p(T) dT, \quad (17)$$

$$\Pi_B^{ож} = E(T_{ож} - T_3) \quad F(\Pi \leq \Pi_B^{ож}) = F(T \leq T_{ож}) \quad (18)$$

где  $T_{ож}$  - математическое ожидание продолжительности строительства;

$F(T \leq T_{ож})$  - вероятность, что фактическая стоимость не превысит ожидаемые значения;

$\Pi_B^{ож}$  - ожидаемое значение потерь при условии, что  $(T \leq T_{ож})$ , т.е. при наступлении события В;

$F(\Pi \leq \Pi_B^{ож})$  - вероятность того, что потери  $\Pi_B^{ож}$  - не будут превышены.

Общий результат реализации проекта может состоять в появлении одного из четырёх событий, а именно:

$$AB: \begin{cases} C_3 < C_\phi \leq C^{\max} \\ T_3 < T_\phi \leq T^{\max} \end{cases} \quad (19)$$

$$BG: \begin{cases} C^{\min} \leq C_\phi \leq C_3 \\ T^{\min} \leq T_\phi \leq T_3 \end{cases} \quad (20)$$

$$AG: \begin{cases} C_3 < C_\phi \leq C^{\max} \\ T^{\min} \leq T_\phi \leq T_3 \end{cases} \quad (21)$$

$$BB: \begin{cases} T_3 < T_\phi \leq T^{\max} \\ C^{\min} \leq C_\phi \leq C_3 \end{cases} \quad (22)$$

Тогда минимальные значения достигаемых результатов при появлении событий АБ, ВГ, АГ, БВ могут быть определены по формулам:

$$\Pi_{AB}^{\max} = \Pi_A^{\max} + \Pi_B^{\max}, \quad C_\phi = C^{\max}, \quad T_\phi = T^{\max} \quad (23)$$

$$\mathcal{D}_{BG}^{\max} = \mathcal{D}_B^{\max}, \quad C_\phi = C^{\min} \quad (24)$$

$$\Pi_{AG}^{\max} = \Pi_A^{\max}, \quad C_\phi = C^{\max} \quad (25)$$

$$\Pi_{BB}^{\max} = \Pi_B^{\max}, \quad C_\phi = C_3, \quad T_\phi = T^{\max} \quad (26)$$

$$\mathcal{D}_{BB}^{\max} = \mathcal{D}_B^{\max}, \quad C_\phi = C^{\min}, \quad T_\phi = T_3 \quad (27)$$

где  $\Pi$ - потери,  $\mathcal{D}$ - дополнительный доход.

Ожидаемые результаты находятся по формулам:

$$\Pi_{AB}^{ож} = \Pi_A^{ож} + \Pi_B^{ож}, \quad C_\phi = C^{ож} > C_3, \quad T_\phi = T^{ож} > T_3 \quad (28)$$

$$\mathcal{D}_{BG}^{ож} = \mathcal{D}_B^{ож}, \quad C_\phi = C^{ож} < C_3 \quad (29)$$

$$\Pi_{AG}^{ож} = \Pi_A^{ож}, \quad C_\phi = C^{ож} > C_3 \quad (30)$$

$$\Pi_{BB}^{ож} = \Pi_B^{\max}, \quad C_\phi = C_3 = C_{ож}, \quad T_\phi = T^{ож} > T_3 \quad (31)$$

$$\mathcal{D}_{BB}^{\max} = \mathcal{D}_B^{\max}, \quad C_\phi = C^{ож} < C_3, \quad T_\phi = T_3 = T_{ож} \quad (32)$$

Поскольку при планировании финансово-экономической деятельности фирма в первую очередь должна исходить из соотношения безопасности и лишь во вторую очередь из расчёта получения будущей прибыли, то в качестве параметра, определяющего необходимый уровень риска при выборе договорных значений стоимости и продолжительности, выберем показатель  $\Pi_{AB}$ , как характеризующий самый неблагоприятный результат деятельности – события АБ (19).

**Заключение** Обобщая полученные результаты, можно сделать выводы том, что актуальность данной задачи обусловлена объективным существованием неопределённых факторов микро- и макро среды, определяющих разнообразие возможных исходов строительства. Для того чтобы оценить конкретные договорные величины продолжительности и стоимости с позиции уровня допустимого риска, необходимо построить вероятностное распределение результатов от реализации подряда, а для этого необходимо знать плотность распределения двумерной случайной величины, а также её функцию распределения в условиях максимального использования ограниченных трудовых ресурсов, повышение надёжности достижения целей строительства, т.е. получение прибыли, достигается за счёт прямого резервирования времени и средств для компенсации негативного влияния микро- и макро среды.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Асаул А.Н. Феномен инвестиционно-строительного комплекса или сохраняется строительный комплекс в рыночной экономике: монография. Санкт-Петербург, 2001.-104 с.