

## О РЕАЛЬНОЙ СТОИМОСТИ СООРУЖЕНИЙ

Статья посвящена оценке реальной стоимости сооружения, т.е. стоимости владения сооружением. Традиционно она включает оптимальную стоимость строительства моста, в том числе изыскания, проектирования, научного сопровождения, изготовления всех элементов мостового перехода, обустройства подходов. Вместе с тем, она учитывает эксплуатационные затраты: стоимость периодических ремонтно-восстановительных работ в течение всего срока эксплуатации, обновления ограждающих элементов конструкций вследствие морального и/или физического износа, утраченную прибыль в связи с выполнением обновлений и ремонтно-восстановительных работ.

*Ключевые слова:* стоимость владения сооружением, оптимальный диапазон надежности, эксплуатационные затраты

История развития инженерного искусства удивительным и непостижимым образом отражает эволюцию человеческого интеллекта. Постоянные поиски ответов на вопросы «почему» и «зачем» во все времена служили познанию природы, ибо природа непостижима, но познаваема. И если вопрос «почему» сопровождает интеллектуальное развитие ребенка, то вопрос «зачем» несет в себе поиск логических и причинно-следственных связей в природно-естественных явлениях и в событиях реальной жизни.

Наречие «зачем» со стилистической точки зрения означает удивление, иногда – отчаяние.

Ниже приведены несколько характерных примеров из области политики, автомобилестроения и мостостроения, которые иллюстрируют в концентрированном виде суть понятия «зачем».

1. Джон Фитцджеральд Кеннеди – президент США – однажды признался:

– у меня есть 1000 специалистов, которые знают, как построить пирамиду, но нет ни одного, кто скажет – а зачем ее строить?

2. Генри Форд при решении глобальной проблемы развития своей автомобильной корпорации стоял перед главным вопросом – каков тренд спроса на автомобили в большинстве мегаполисов США?

Самое удивительное состояло в том, что ответ на этот вопрос он не смог получить ни от экономистов, ни от градостроителей, ни от демографов, ни от политиков. Г. Форд обратился к всемирно известному бельгийскому физико-химику Илье Пригожину, русскому ученому, эмигрировавшему из России после 1917 года, лауреату Нобелевской премии за выдающиеся достижения в термодинамике.

В математической физике и нелинейной механике, астрофизике и космологии известно

научное направление под названием «теория сгущений». И. Пригожин искал ответ для прогнозирования спроса на автомобили в этом же вопросе – зачем?

Он стал изучать причины возникновения пробок на пересечениях магистралей в центральной части американских мегаполисов, которые имели все признаки сгущений. Причем, при образовании таких пробок восстановить движение не удавалось в течение очень длительного времени. Пригожин задался простым вопросом – зачем все машины так стремились в эти зоны сгущений, а не традиционным вопросом – сколько их было в этих зонах коллапса. На основе его исследований и рекомендаций Г. Форду были сформулированы два фундаментальных правила в мировом автомобилестроении:

– «уровень транспортной самодостаточности» для разных категорий жителей мегаполисов: зачем мне личный транспорт, если есть такси, муниципальный транспорт, велосипед, можно и пешком;

– «цена владения автомобилем» (а не стоимость автомобиля):

- a) собственно стоимость автомобиля;
- b) стоимость содержания, обслуживания и текущих ремонтов;
- c) стоимость гаража, общественной автостоянки;
- d) стоимость въезда в центр города;
- e) стоимость временной парковки в центре города;
- f) стоимость страхового полиса на автомобиль;
- g) стоимость страхования жизни и здоровья;
- h) дорожные сборы и налоги.

3. На вантово-арочном мосту «Живописный» в Крылатском в г. Москве был сооружен

подвесной ресторан на высоте свыше 80 м над проезжей частью моста. Многочисленные функции жизнеобеспечения ресторана (подъем посетителей и продовольствия, технологического оборудования, работа кухни, холодильного оборудования, энергообеспечение, аварийная эвакуация посетителей и обслуживающего персонала, водоснабжение и канализация) не совпадают с традиционными функциями моста, предназначенного сугубо для транспортного движения. В свою очередь, движение на мосту создает вибрации в ресторане, что делает его некомфортным для посетителей и обслуживающего персонала. В результате ресторан не функционирует и вопрос – зачем нужен был этот ресторан – по сей день остается без ответа.

Если экстраполировать этот ассоциативный ряд по сакраментальному смыслу наречия «зачем» на инженерные сооружения ответственного назначения, можно оказаться в пространстве фундаментальных вопросов рационального применения различных расчетных схем и моделей мостов с точки зрения надежности и долговечности, с одной стороны, и реальной стоимости сооружений в целом, с другой стороны. С этой точки зрения интересен следующий пример.

4. Вантовый мост через пролив Босфор Восточный на остров Русский в г. Владивостоке.

На начальном этапе проектирования вопрос выбора расчетной схемы мостового перехода находился в двух непересекающихся плоскостях: области рационального применения висячих и вантовых мостов и престиж владения рекордом пролета хотя бы на коротком этапе времени. Соответственно, ответ на вопрос – зачем принята вантовая схема именно с русловым пролетом 1104 м – можно найти на введенном в эксплуатацию вантовом мосту Sutong в Китае пролетом 1088 м. При этом, длину руслового пролета 1104 м можно обосновать гидрологическими условиями. Вместе с тем, вантовые системы мостов по ряду совокупных критериев, в том числе, строительной стоимости и непредсказуемых эксплуатационных затрат в условиях специфических особенностей метеорологии и сеймики створа мостового перехода и возможности транспортной изоляции острова Русский, нерациональны для пролетов свыше 800 м. Это тем более актуально для «узких» пролетных строений шириной до 30 м, т.е. при соотношении ширины руслового пролетного строения к его длине меньше 1/35.

Табл. 1 содержит полезные сведения о характерных геометрических параметрах некоторых мостов.

Таблица 1.

Сравнение характерных соотношений некоторых мостов

Типы мостов	Мосты	Геометрические параметры мостов, м			Соотношения параметров		ПИЛОН	
		Балка жесткости, м		Главный пролет, м				
		<i>B</i>	<i>H</i>		<i>L</i>	<i>H / L</i>	<i>B / L</i>	<i>H<sub>пил</sub></i>
Вантовые мосты	«Московский» Киев	31,4	3,9	300	1/80	1/10	100	1/6*
	Рига	28,6	3,25	312	1/100	1/11	110	1/6*
	«Южный» Киев	41,6	3,5	271	1/77	1/6,5	110	1/5*
	Одесса	14,3	2,0	115	1/60	1/8	44	1/5*
	Салехард	16,0	2,2	100	1/45	1/6	30	1/7*
	Владивосток	30,0	3,5	1104	1/315	1/35	320	1/3,5
	«Эразмус» Роттердам	30,0	2,25	284	1/130	1/10		
Висячие мосты	Такома	11,9	2,44	854	1/350	1/70	130	1/7
	Мессина	52,0	4,7	3300	1/700	1/60	376	1/9

(\*) – однопилонные системы

Согласно теории гибких нитей при углах наклона вант меньше 25 градусов польза их применения невелика. Значительная часть несущей способности вант в таких случаях расходуется не по их функциональному назначению. В частности, для самых длинных и, к тому же, самых тяжелых вант моста через пролив Босфор Восточный на о. Русский распределение усилий между вертикальным и продольным компонентами, подчиняющееся «закону синуса», составляет 20 % и 80 %, соответственно. Следовательно, менее 20 % несущей способности вант обеспечивают вертикальную (и крутильную) жесткость вантового моста.

Эту оценку можно считать завышенной, поскольку фактический угол наклона вант в нижней точке их крепления к несущим конструкциям пролетного строения еще меньше за счет значительного провисания.

Таким образом, возникают реальные инженерные проблемы обеспечения надежности и расчетной долговечности вантовых мостов с предельными длинами русловых пролетов.

Принципиальное решение при выборе расчетной схемы любого мостового перехода необходимо принимать в пространстве понятия «стоимость владения сооружением» (по И. Пригожину), а не по оптимальной стоимости моста, поскольку к стоимости изысканий, проектирования, научного сопровождения и строительства моста, изготовления конструкций мостового перехода, обустройства подходов необходимо добавить эксплуатационные затраты. Причем, последние значительно ниже для мостов балочного типа по сравнению с висячими, вантовыми, арочными и другими типами мостов.

В этой связи полезно ознакомиться с диаграммой соотношений строительной стоимости и эксплуатационных затрат с точки зрения оптимальных совокупных затрат для обеспечения оптимальной надежности сооружений (рис. 1).

Расчетная стоимость сооружений определяется финансово-экономическим положением, уровнем развития теории расчетов, состоянием нормативной базы. Кроме того, на стоимость сооружений оказывают влияние уровень знаний о реальном характере работы сооружений и достоверность принимаемых в расчетах нагрузок и воздействий.

– Совокупный объем эксплуатационных затрат: отражает соответствие принятых в расчете нагрузок и воздействий их реальным зна-

чениям и свойств, применяемых материалов, реальным условиям эксплуатации;

– включает стоимость периодических ремонтно-восстановительных работ;

– включает стоимость обновления вследствие морального износа ограждающих элементов и конструкций;

– учитывает утраченную прибыль при выполнении ремонтно-восстановительных работ и обновлений.

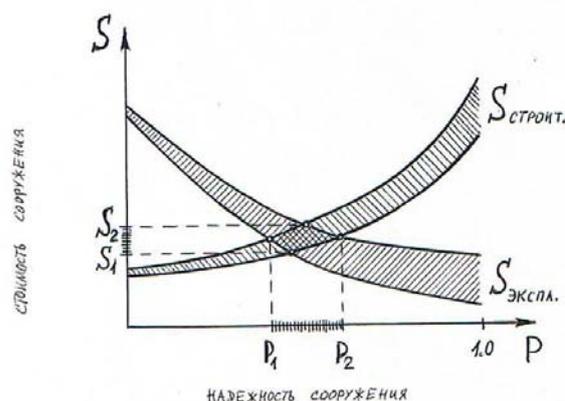


Рис. 1. Взаимозависимость строительной стоимости  $S_{\text{строит.}}$  и эксплуатационных затрат  $S_{\text{экспл.}}$  при заданном уровне надежности сооружения:

$P_{\text{опт}} = (P_1, P_2)$  – оптимальный диапазон надежности сооружения;

$S_{\text{опт}} = (S_1, S_2)$  – диапазон оптимальных затрат на строительство и эксплуатацию сооружения

Оптимальный диапазон надежности относится к сооружению в целом и едва ли целесообразно распространять его на вспомогательные и ограждающие конструкции, ресурс которых намного ниже расчетной долговечности несущих конструкций. Более важным требованием для них следует считать возможность ремонтпригодности или заменяемости, в том числе в случае морального и физического старения (износа).

Из этого логического ряда выпадают случаи принятия решений на исторических, архитектурно-эстетических, религиозных, военных, стратегических и иных принципах неэкономического характера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казакевич, М. И. Аэродинамика мостов [Текст]: краткий курс лекций / М. И. Казакевич. – Д.: Изд-во «Ли́ра», 2012. – 186 с.
2. Корнеев, М. М. Стальные мосты: теоретическое и практическое пособие по проектированию

мостов [Текст]: в 2 т. Т. 1. – К.: Изд-во «Академпресс», 2010. – 532 с.

3. Перельмутер, А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных кон-

струкций [Текст] / А. В. Перельмутер. – К.: Изд-во УкрНИИПСК, 1999. – 212 с.

Поступила в редколлегию 14.05.2012.  
Принята к печати 28.05.2012.

М. І. КАЗАКЕВИЧ (ДІПТ)

## **ПРО РЕАЛЬНУ ВАРТІСТЬ СПОРУД**

Стаття присвячена оцінці реальної вартості споруди, тобто вартості володіння спорудою. Традиційно вона включає оптимальну вартість будівництва мосту, в тому числі вишукування, проектування, наукового супроводу, виготовлення усіх елементів мостового переходу, облаштування підходів. Разом з тим, вона враховує експлуатаційні витрати: вартість періодичних ремонтно-відновлюваних робіт протягом усього строку експлуатації, оновлення огорожуючих елементів конструкцій внаслідок морального і/чи фізичного зносу, втрачений прибуток у зв'язку з виконанням оновлень чи ремонтно-відновлювальних робіт.

*Ключові слова:* вартість володіння спорудою, оптимальний діапазон надійності, експлуатаційні витрати

MICHAEL KAZAKEVITCH (Dniepropetrovsk National University of Railway Transport)

## **THE REAL COSTS OF THE STRUCTURES**

The presentation deals with the assessment of the structure real costs, i.e. structure ownership costs. Traditionally the costs comprise the optimum structure costs – the investigations, scientific research, construction, all passage element production, the structure approach arrangement including. At the same time the takes info consideration the exploitation expenses: the costs of the periodical reconditioning operations during the whole service life the costs of the structure railing element renovation due to the moral and/or physical depreciation and the profits reconditioning and restoring operation.

*Keywords:* the structure ownership costs, the reliability optimum range, exploitation costs