

УПРАВЛЕНИЕ ИНФРАСТРУКТУРОЙ В ПРОГРАММАХ СТРОИТЕЛЬСТВА СЛАБОСВЯЗАННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Торопенко А.В.¹, Становская Т.П.², Швец П.С.¹, Торопенко А.В.¹

¹Одесский национальный политехнический университет
пр. Шевченко, 1, 65044, г. Одесса

²Одесская национальная академия пищевых технологий
ул. Канатная, 112, 65039, г. Одесса

alla.androsyk@gmail.com

tatstanovska@gmail.com

sps.090584@gmail.com

alexey.toropenko@geomoras.net

Показано, что связность подсистем при управлении строительством очистных сооружений создает серьезные проблемы при оптимизации проектных решений, направленных на снижение сроков и стоимости строительных работ. Рассмотрены отличия в подходах к оптимизации сооружений, содержащих различные по связности подсистемы, на примерах инфраструктуры строительства. Приведены модели связности объектов оптимизации и предложен метод комплексного генетического алгоритма для ее осуществления. *Ключевые слова:* очистные сооружения, искусственная инфраструктура, связность подсистем, оптимизация решений, генетический алгоритм.

Управління інфраструктурою в програмах будівництва слабозв'язаних очисних споруд. Торопенко А.В., Становська Т.П., Швець П.С., Торопенко О.В. Показано, що зв'язність підсистем при управлінні будівництвом очисних споруд створює серйозні проблеми при оптимізації проектних рішень, спрямованих на зниження термінів і вартості будівельних робіт. Розглянуто відмінності в підходах до оптимізації споруд, що містять різні за зв'язністю підсистеми, на прикладах інфраструктури будівництва. Наведені моделі зв'язності об'єктів оптимізації і запропонований метод комплексного генетичного алгоритму для її здійснення. *Ключові слова:* очисні споруди, штучна інфраструктура, зв'язність підсистем, оптимізація рішень, генетичний алгоритм.

Management of infrastructure in the programs of construction of weakness purification constructions. Toropenko A., Stanovska T., Shvets P., Toropenko O. It is shown that the connectivity of subsystems in the management of the construction of purification constructions creates serious problems in the optimization of design solutions aimed at reducing the time and cost of construction work. Differences in approaches to the optimization of structures containing different subsystems in connection are considered, using examples of the construction infrastructure. Models of optimization objects connectivity are given and a method of complex genetic algorithm is proposed to its implement. *Key words:* purification constructions, artificial infrastructure, subsystems connectivity, solutions optimization, genetic algorithm.

Постановка проблемы. Зона застройки или строительная площадка имеет в строительстве очистных сооружений очень важное значение, так как она требует внимания уже на ранней стадии проектирования [1]. Даже если речь идет об использовании типовых проектов сооружений, необходимо постоянно заботиться об их привязке к реальной среде, окружающей строительство, – его инфраструктуре.

Выделим с точки зрения экологии две подсистемы в инфраструктуре: естественную, внешнюю, обусловленную, например, рельефом местности или климатической зоной, в которой расположена стройплощадка (рис. 1) [2], и искусственную, внутреннюю, состоящую из коммуникационных интерфейсов вокруг зданий или даже под ними (например, точек подвода / отвода воды, электричества, отопления, канализации, информационных каналов и т.д.) (рис. 2).

Актуальность исследования. При управлении проектами и программами создания комплекса раз-

нородных очистных сооружений ставится задание обеспечения оптимального с точки зрения стоимости и сроков строительства [3]. Решение задач оптимизации для объектов такого класса, на первый взгляд, упрощается тем, что они, как правило, естественным образом разбиваются на подсистемы (например, основные и вспомогательные здания, подсобные помещения и т.п.). Однако вычислительные сложности, возникающие при таком разбиении из-за связности параметров этих подсистем, к сожалению, сводят на нет все преимущества такого подхода: возрастают сроки управления и снижается качество объекта. Поэтому создание новых моделей связности и методов оптимизации, позволяющих решить эту проблему, является весьма актуальным.

Связь авторской разработки с важными научными и практическими задачами. Авторская разработка посвящена решению важной научной и практической задачи снижения сроков и повышения эффективности управления программами строительства

очистных сооружений за счет более глубокой оптимизации слабосвязанных систем путем разработки и внедрения новых математических моделей комплексных строительных объектов со слабосвязанными элементами и методов их эволюционной оптимизации.

Анализ последних исследований и публикаций. Под системой понимают совокупность взаимосвязанных элементов, обособленную от среды и взаимодействующую с ней как целое [4]. Существенное влияние на поведение элементов системы и свойства ее как целого оказывает структурная, параметрическая, информационная и т.п. мера их связей. Это позволяет говорить о величине этой меры и выделить, например, классы *несвязанных, слабосвязанных и сильносвязанных* систем [5; 6].

Под слабосвязанной понимают такую систему, в которой взаимодействие элементов достаточно сильно для формирования системных свойств, но

недостаточно для изменения качественных свойств отдельных элементов [7]. Для систем, образованных элементами со сложной внутренней структурой, понятие слабосвязанной системы не является однозначным. Взаимодействие элементов системы может вызывать изменение одних характеристик элементов и не оказывать влияния на другие. Вопрос об идеальности или неидеальности системы в данном случае решают, исходя из того, являются ли изменяющиеся при взаимодействии характеристики существенными для анализа конкретной системы и конкретного свойства [8].

Очевидно, что при управлении проектами и программами, например, строительства комплекса зданий и сооружений некоторые их параметры могут варьироваться независимо друг от друга (параметры кровли), некоторые – условно независимо, в пределах взаимных ограничений (параметры коммуникаций и внутренних проездов) и некоторые – только одно-

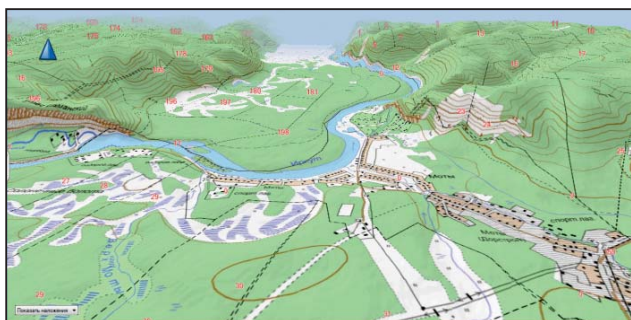


Рис. 1. Внешняя (естественная) подсистема инфраструктуры строительства

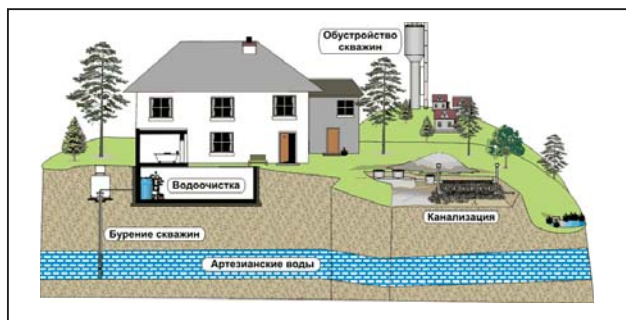


Рис. 2. Внутренняя (искусственная) подсистема инфраструктуры строительства

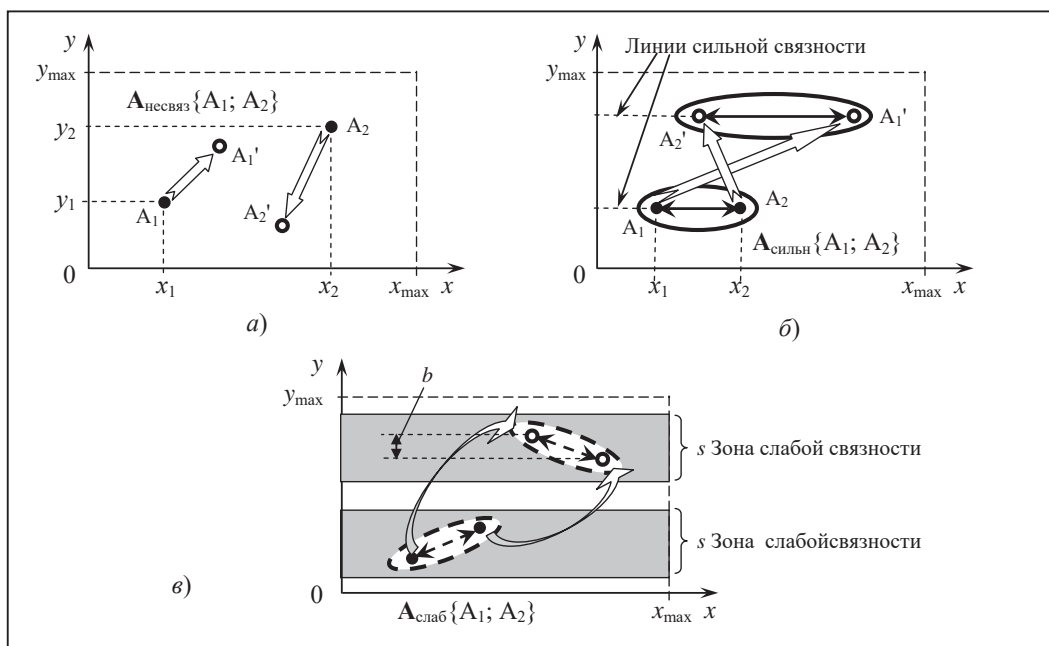


Рис. 3. Схемы траекторий возможных перемещений аргументов несвязанных (а), сильносвязанных (б) и слабосвязанных (в) подсистем в процессе оптимизации

временно для обеих подсистем (параметры общего фундамента), т.е. в таком объекте присутствуют все перечисленные выше виды связности. Все это существенным образом влияет как на модели, используемые в управлении проектами и программами строительства, так и на выбор математических методов управления, в частности, оптимизации [9].

Сегодня этот выбор весьма ограничен. Так, например, в настоящее время существуют методы комплексной эволюционной оптимизации [10], однако они предназначены только для объектов с сильносвязанными параметрами подсистем. То же можно сказать и о других методах оптимизации сложных объектов в УП.

Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, которым посвящается данная статья. Связность подсистем в случае строительного объекта полностью определяется инфраструктурой объекта [10]. Эти связи, как и в любых других многоэлементных системах, могут носить детерминированный, стохастический, а также нечеткий характер, предоставляя менеджеру проекта широкие возможности при построении моделей такого процесса и выборе метода его оптимизации.

Инфраструктура строительного объекта – понятие весьма широкое, поэтому в работе выделяли ее естественную составляющую (рельеф местности, состояние почв, розу ветров, природные водоемы и т.д.) и искусственную составляющую (упомянутые выше искусственные сети, дороги, состояние освещения и т.п.).

Новизна. Предложенные методы и модели являются новыми развитиями теории оптимизации проектных решений в строительстве, в частности, впервые предложено разделить модель инфраструктуры объекта на две связанные подмодели, в каждой из которых эволюционная оптимизация осуществляется автономно, но с учетом сильной или слабой связности их параметров.

Методологическое или общенаучное значение непосредственно вытекает из инвариантности предложенных методов и моделей, что позволяет прогно-

зировать их эффективное использование в различных областях человеческих знаний.

Изложение основного материала. На примере простой системы, у которой целевая функция z зависит только от двух аргументов: x и y , рассмотрим отличия в подходах к оптимизации объектов, содержащих различные по связности подсистемы.

Объекты, содержащие только несвязанные подсистемы. Пусть некоторая система (объект, устройство, конструкция) A состоит из двух подсистем A_1 и A_2 , однозначно определяемых парами аргументов x_1, y_1 и x_2, y_2 , соответственно, в виде точек на рис. 3 а. При этом выполняются ограничения: $0 \leq x_1 \leq x_{max}$, $0 \leq y_1 \leq y_{max}$, $0 \leq x_2 \leq x_{max}$ и $0 \leq y_2 \leq y_{max}$. Так как подсистемы A_1 и A_2 несвязанные, в процессе оптимизации каждая из них может свободно перемещаться в зоне ограничений, изменяя вместе со «своими» аргументами x и y также «свою» целевую функцию z :

$$z_i = z(x_i, y_i); i = \{1, 2\}, \quad (1)$$

В этом случае отсутствие связи приводит к тому, что совокупность подсистем A_1 и A_2 утрачивает системные свойства: каждая подсистема может подвергаться оптимизации путем подбора (расчета) аргументов без какой-либо «оглядки» на другую.

Объекты, содержащие только сильносвязанные подсистемы. В работе [11] описаны объекты, обладающие дополнительным жестким ограничением на изменение проекта конструкции в процессе оптимизации: одна из переменных (например, y) является обобщенной в том смысле, что всегда имеет место соотношение (рис. 3 б):

$$y_1 = y_2, \quad (2)$$

Заметим, что величины y_1 и y_2 могут изменяться, но только одновременно, так, чтобы не нарушалось соотношение (2) (рис. 3 б).

Объекты, содержащие только слабосвязанные подсистемы. В настоящей работе рассматриваются объекты, у которых свойство (2) менее жесткое:

$$y_1 = y_2 \pm b; \quad 0 \leq b \leq s, \quad (3).$$

Таблица 1

Параметры системы, учитываемые в процессе оптимизации

Система	A – инфраструктура комплекса строительных объектов	
Подсистемы	A ₁ – объект 1	A ₂ – объект 2
Независимые аргументы	x ₁ – информационный интерфейс 1	x ₂ – информационный интерфейс 2
Слабосвязанные аргументы	y ₁ – интерфейс подвода/отвода воды 1	y ₂ – интерфейс подвода/отвода воды 2
Сильносвязанные аргументы	F _{1,2} – общий фундамент	
Свертка целевых функций	Θ – затраты на строительство	

В этом случае отклонение аргументов y_1, y_2 друг от друга допускаются, но только на величину b , лежащую в пределах некоторой зоны связности s .

При стохастическом характере распределение вероятности отклонений по сечению зоны связности зависит от свойств объекта и условий его эксплуатации. Пусть p_b – вероятность того, что величина $b = \pm (y_2 - y_1)$ примет значение y из диапазона $0 \leq y_2 - y_1 \leq s$, где s – ширина зоны связности в единицах, в которых измеряется обобщенный параметр y . При оптимальном проектировании зона связности может перемещаться, изменять свою ширину s , которая также является случайной величиной, но слабосвязанные элементы будут всегда оставаться внутри нее (рис. 3 в).

Анализ объекта оптимизации с целью выделения подмножеств его параметров – аргументов с различной связностью и целевой функции – рассмотрим на конкретном простом примере.

В частности, для нашего примера параметры системы, учитываемые в процессе оптимизации процесса управления программой строительства комплекса зданий и сооружений, приведены в табл. 1.

Как видно из таблицы, даже в простейшем случае управления программой существуют параметры оптимизации, относящиеся к перечисленным выше множествам, отличающимся формой связности элементов подсистем.

В условиях многопараметричности, многоэкстремальности и многокритериальности процесса управления программой строительства очистных сооружений наилучшим методом оптимизации представляется эволюционный генетический алгоритм, преобразованный под работу со сложносвязанными системами [12].

Главные выводы. Предложены методы и модели оптимизации параметров управления проектом строительства очистных сооружений, основанные на учете связности между характеристиками подсистем объекта оптимизации.

Перспективы использования результатов исследования. Результаты исследования рекомендуются для использования в организациях, осуществляющих проектный менеджмент в области строительства очистных сооружений, а также в учебных заведениях соответствующего профиля.

Литература

1. Березина С.В. Системы экологического управления: Довідниковий посібник з впровадження міжнародних стандартів серії ISO 14000. К.: Aiva Plus Ltd, 2009. 62 с.
2. Бібік Н.В. Екологічне будівництво як інноваційний підхід формування сталого розвитку України. Економіка будівництва і міського господарства. 2014, Т. 10. № 1, С. 23–29.
3. Давиденко В.А. Ландшафтна екологія. Навчальний посібник / В.А. Давиденко, Г.О. Білявський, С.Ю. Арсенюк. К. Либра, 2007. 280 с.
4. Бахрушин В.Е. Слабосвязанные системы в природе и обществе. Складні системи і процеси. 2003. № 1. С. 21–25.
5. Становский А.Л. САПР электротехнического оборудования со слабосвязанными элементами / А.Л. Становский, П.С. Швець, А.В. Торопенко. Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць. 2013. Вип. 8. С. 133–143.
6. Перпері А.О. Модернізація математичного методу генетичного алгоритму для оптимізації геометрії шліфувальних кіл / А.О. Перпері, П.С. Швець, Д.А. Монова. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2011. № 41. С. 217–221.
7. Становский А.Л. Эволюционная оптимизация слабосвязанных технических систем в САПР / А.Л. Становский, П.С.Швец, Д.А. Желдубовский. Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. 2011. Вип. 2(36). С. 234–238.
8. Становский А.Л. Оптимизация слабосвязанных систем в автоматизированном проектировании и управлении / А.Л. Становский, П.С. Швець, И.Н. Щедров. Сучасні технології в машинобудуванні: збірник наукових праць. 2011. Вип. 6. С. 129–134.
9. Дорошук А.В. Применение современных методов для оптимизации электронных схем. Труды Одесского политехнического университета. 1999. 2 (8). С. 28–31.
10. Монова Д.А. Комплексный генетический алгоритм [Текст] / Д.А. Монова, А.А. Перпері, П.С. Швець. Праці Одеського політехнічного університету: Науковий та науково-виробничий збірник. 2011. Вип. 1 (35). С. 176–180.
11. LEED is transforming the way we think about how buildings and communities are designed, constructed, maintained and perated across the globe. URL: [http:// www.usgbc.org/leed](http://www.usgbc.org/leed).
12. Духанина, М.А. Эволюционная оптимизация слабосвязанных систем [Текст] / М.А. Духанина, Е.Ю. Лебедева, П.С. Швець, Л.А. Одукалец. Збірник наукових праць Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.С. Пухова. Київ, 2013. № 67. С. 74–81.