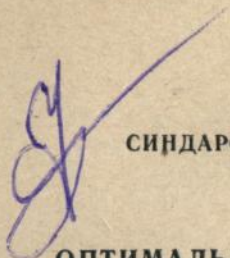


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

На правах рукописи



СИНДАРОВ РАХМАТ УРАЛОВИЧ

**ОПТИМАЛЬНОЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОДПОРНЫХ СТЕН
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ,
ПРОХОДЯЩИХ ПО СЛАБОПЕРЕСЕЧЕННОЙ
МЕСТНОСТИ**

**05.01.01.— Прикладная геометрия
и инженерная графика**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев 1994

К защите представляется рукопись.

Работа выполнена в Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры.

Научный руководитель — кандидат технических наук,
доцент Сафронев И. В.

Официальные оппоненты — доктор технических наук,
профессор Бадаев Ю. И.
кандидат технических наук,
доцент Ковалев Ю. Н.

Ведущая организация — НТП «Киевинтерпроект».

Защита состоится 26 октября 1994 г. в 13 часов на заседании специализированного совета Д 068.05.03 в Киевском государственном техническом университете строительства и архитектуры по адресу: 252037, Киев-37, Воздухофлотский пр., 31, аудитория 319.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского государственного технического университета строительства и архитектуры.

Автореферат разослан 26 сентября 1994 года.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00777048 (X)

Ученый секретарь
специализированного совета
кандидат технических наук,
доцент

В. А. Плоский

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

Актуальность. Строительство автомобильных дорог, проходящих по пересеченной местности, предполагает устройство большого числа искусственных сооружений - мостов, виадуков, водопропускных труб, а также подпорных стен (ПС). Последние имеют разное назначение, однако общей их функцией является удержание и обеспечение устойчивости земляного полотна. Применение ПС позволяет уменьшить объем земляных работ (при высоких насыпях) и площади полосы отвода земли сельскохозяйственных угодий, оптимизировать протяженность дорогостоящих искусственных сооружений - мостов, тоннелей и пр.

В процессе проектирования ПС учитываются множество факторов различного характера: геоморфологические, геологические, гидрогеологические, прочностные, экономические и геометрические. В существующей методике проектирования ПС последние играют второстепенную роль. Такая постановка является не совсем корректной, так как большинство из перечисленных факторов имеют геометрическую сущность.

Среди множества конструктивных решений ПС, применяемых для удержания откосов земляного полотна автодороги, большое распространение получили тонкостенные сборные железобетонные конструкции, которые с одной стороны, отличаются высокой степенью индустриальности, с другой - обладают наибольшей с геометрической точки зрения сложностью и охватывают геометрические особенности ПС и других типов. Поэтому в качестве базового объекта исследований в работе выбираются сборные железобетонные консольные ПС уголкового типа.

Таким образом, в общем виде задача геометрического проек-

тирования ПС может рассматриваться как многопараметрическая оптимизационная, где в качестве проектных выступают геометрические параметры ПС с заданными ограничениями.

Критический анализ литературных источников по данной проблематике показал, что задача оптимального геометрического проектирования ПС автомобильных дорог не рассматривалась, в связи с чем можно сформулировать цель настоящего исследования.

Цель работы - разработать методы оптимального геометрического автоматизированного проектирования ПС автомобильных дорог с учетом конструктивно-технологических и экономических требований.

Для реализации указанной цели в работе ставятся следующие задачи исследования:

- провести комплексный анализ существующих методов проектирования ПС автомобильных дорог для выявления геометрических особенностей этого процесса;
- выполнить анализ факторов, оказывающих влияния на параметры формы и положения ПС автомобильных дорог;
- предложить методы формирования зоны земляного полотна, в которой осуществляется оптимальное размещение ПС;
- разработать методы оптимального размещения геометрических объектов различной размерности в областях соответствующей размерности с учетом возможности управления параметрами формы размещаемых объектов;
- разработать методики размещения ПС и их элементов для целей геометрического оптимального автоматизированного проектирования данных объектов.

Методика исследований. Решение поставленных в работе задач осуществляется на основе методов начертательной, аналитической, дифференциальной, проективной, вычислительной и алгеб-

раической геометрий, методов: прикладного программирования, дискретного моделирования поверхностей, численных методов, ориентированных на использовании ЭЕМ.

Теоретической базой для настоящего исследования явились работы: Ю.И. Бадаева, Н.И. Гиля, Г.С. Иванова, С.Н. Ковалева, Т.К. Клейна, И.И. Котова, В.Е. Михайленко, В.М. Найдыша, В.С. Обуховой, А.В. Павлова, А.Л. Подгорного, В.С. Полозова, В.Л. Рвачева, Н.Н. Рыжова, К.А.Сазонова, Ю.Г. Стояна, К.Х. Толмачева, Э.В. Цагарели, В.И. Якунина и их учеников.

Научную новизну работы составляют:

- геометрическая интерпретация процесса определения параметров ПС и проектных факторов, влияющих на этот процесс;
- формирования статико-геометрическим способом объектов различной размерности с заданными метрическими характеристиками;
- оптимальное геометрическое размещение объектов различной размерности в трехмерной и двумерной замкнутых областях;
- разработка теории автоматизированного геометрического оптимального проектирования ПС на основе предложенных методов размещения геометрических объектов.

Практическая ценность работы заключается в создании методики интерактивного оптимального геометрического проектирования сборных железобетонных ПС автомобильных дорог с учетом конструктивно-технологических и экономических требований.

На защиту выносятся основные положения сформулированной научной новизны и практической ценности работы.

Реализация работы. Практическое внедрение результатов диссертационной работы осуществлено в НПП "Киевинтерпроект" в качестве вариантного проектирования ПС автомобильных дорог.

Апробация работы. Основные положения и результаты диссер-

такой работы доложены и обсуждены на 53-55 - научно-практических конференциях КТУСА (1992-1994 г.) и на научных семинарах кафедры начертательной геометрии, инженерной и машинной графики КТУСА (г. Киев, 1991-1994 г.).

Объем работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы (135 наименований), приложения и содержит 94 страниц машинописного текста, 72 рисунка и 17 таблиц.

СО Д Е Р Ж А Н И Е Р А Б О Т Ы

Во введении обоснована актуальность исследований, приведен обзор литературных источников и достижений в данной предметной области, а также сформулированы цель и задачи исследований настоящей работы, изложено ее содержание.

В первой главе приведен комплексный анализ основных принципов современного состояния вопроса проектирования ПС автомобильных дорог и применения их в различных условиях строительства.

Ключевыми задачами процесса проектирования ПС являются с одной стороны - определение положения ее проектной линии, с другой - выбор варианта конструктивного решения, назначение его геометрических и прочностных характеристик.

Выбор конкретного варианта конструкции ПС осуществляется на основе упомянутых выше разнородных факторов, причем в некоторых случаях могут учитываться также и следующие факторы: возможность привлечения местных строительных материалов, сейсмические условия, экологические факторы и т.д. Следовательно, выбор типа и конструкции ПС является комплексной технико-экономической задачей.

Проблема выбора эффективной конструкции ПС предшествует задаче рационального ее расположения в пределах откоса насыпи (выемки), при этом каждое решение последней задачи должно быть обосновано технико-экономически.

Исходя из опыта проектирования, расположение ПС вдоль бровки земляного полотна приводит к существенному удорожанию конструкции и используется при неблагоприятных ситуациях, когда расположение ПС в пределах откоса насыпи по каким либо причинам невозможно.

Использование в качестве базового объекта исследования сборных железобетонных ПС уголкового типа приводит к задаче унификации ее сборных элементов с учетом действующих ограничений. Как это видно из рисунка 1, на решение задачи унификации определяющее влияние оказывает положение линии верха ПС и ее подошвы.

Исследованы зависимости между изменением метрических характеристик ПС и вычислением объемов, площадей, длин и т.д. Разработаны методы учета различных метрических требований при разбиении различных кривых линий.

Вторая глава посвящена разработке аппарата оптимального геометрического проектирования ПС автомобильных дорог и алгоритмов оптимального размещения элементов ПС с использованием плоскостных моделей объектов.

Как отмечалось выше, основными задачами процесса оптимального геометрического проектирования являются :

- определение зоны в теле насыпи автодороги, в пределах которой должна размещаться ПС в соответствии с заданной системой ограничений, т.е. - зона оптимального расположения (ЗОР);
- назначение оптимальных параметров ПС и ее элементов (блоков, секций) с учетом нормативных технологических и метри-

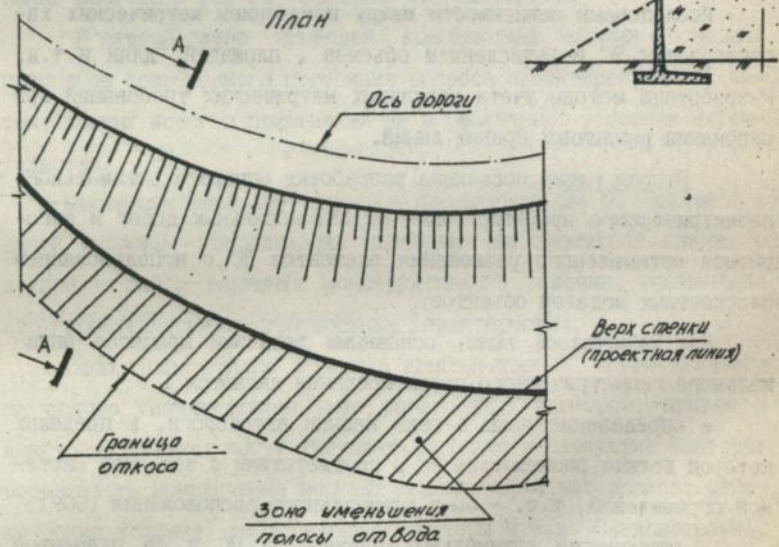
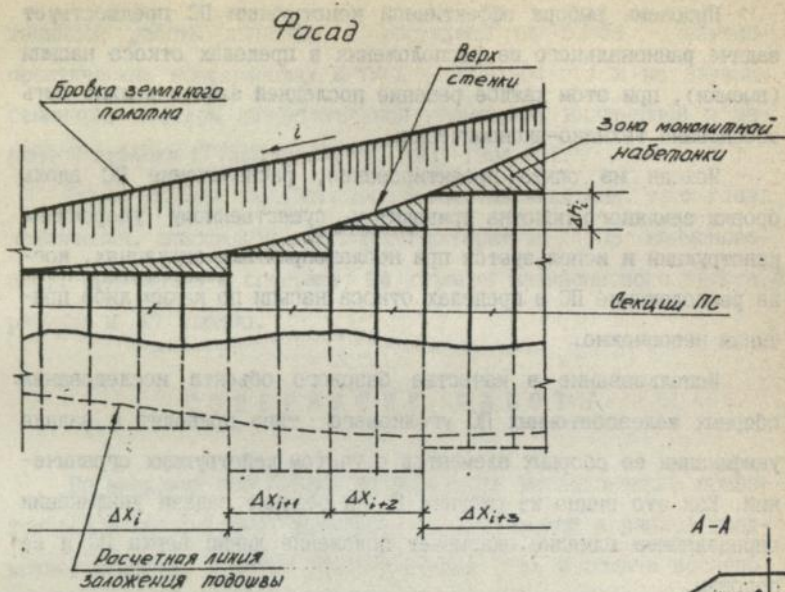


Рис. 1

ческих ограничений (в том числе стремление к минимизации числа типозлементов);

- оптимальное расположение ПС в ЗОР.

ЗОР представляет собой трехмерное тело, ограниченное поверхностями различной размерности (0 ÷ 3- мерными), которые учитывают разнообразные факторы, влияющие на положение ПС. Изменение размерности этих поверхностей связано с конкретными условиями проектирования ПС.

При размещении ПС в ЗОР определяющими ее границами являются верхняя, нижняя и боковые границы. Поэтому при формировании ЗОР особое внимание уделяется определению этих границ, которые условно названы областями ЗОР (рис. 2): Ω_B - верхняя, Ω_H - нижняя, Ω_1 - начальная и Ω_m - конечная и промежуточные - Ω_i .

Таким образом, в общем виде ЗОР может рассматриваться как совокупность ряда составляющих областей

$$\Omega = \Omega_B + \Omega_H + \Omega_1 + \Omega_m + \sum_{i=2}^{m-1} \Omega_i,$$

в пределах которых должно обеспечиваться требуемое расположение соответствующих элементов ПС. Каждая из этих областей "отвечает" назначению тех или иных параметров ПС. Верхняя и нижняя области определяют высотные параметры стенки, боковые области влияют на ее оптимальную протяженность, промежуточные области устанавливают места скачкообразного изменения высоты отдельных секций ПС.

Верхняя и нижняя области определяются на основании расчетов устойчивости, при этом в качестве дополнительных факторов, влияющих на определение этих областей могут выступать минимизация площади плодородной земли и объемов земляных работ, а также грунтово-геологические условия местности.

Итак, задача формирования ЗОР также может рассматриваться как оптимизационная, результат решения которой важен как осно-

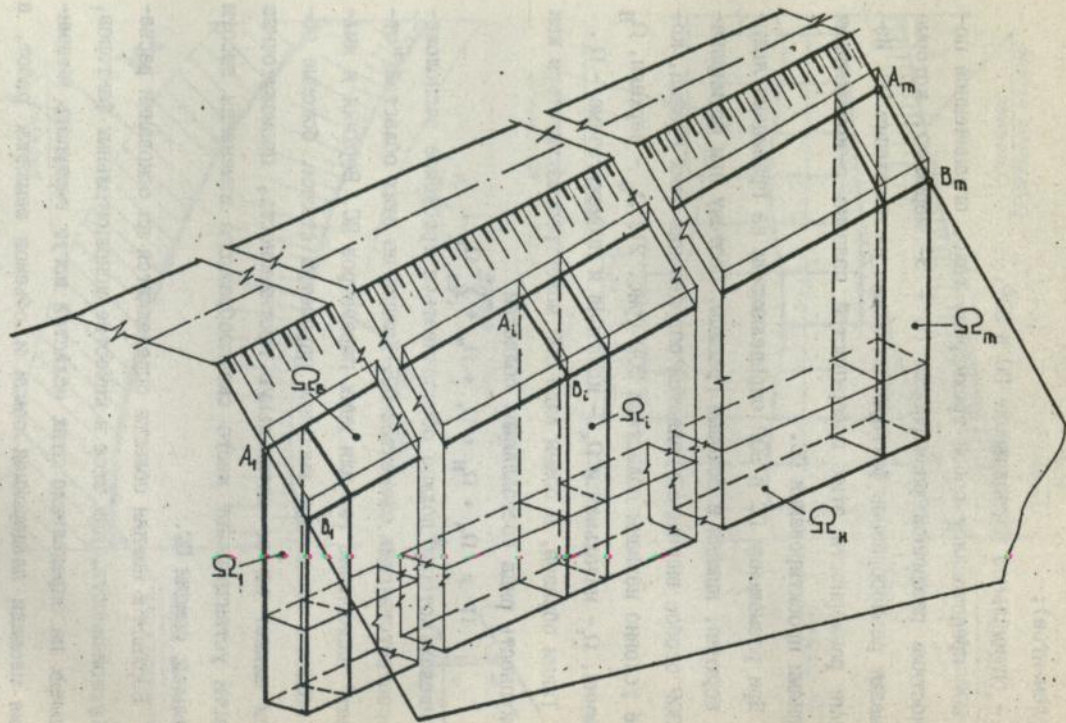


Рис. 2

вание для решения задачи оптимального размещения ПС в ЗОР.

При этом понятие оптимального размещения подразумевает такое положение ПС в ЗОР, при котором обеспечивается комплексный учет разнообразных геометрических факторов. Иначе говоря, требуется разместить ПС в ЗОР так, чтобы все элементы ПС, включая верх, подошву, торцевые грани, места стыковки отдельных секций, находились в соответствующих областях, не выходя за их пределы (выход верха ПС за пределы верхней области является исключением) и при этом наилучшим образом выполнялись наперед заданные требования к их размещению. Это описывается целевой функцией (с учетом ограничений равенств и неравенств) вида

$$F(x, y, z, \alpha, \beta, \gamma, p) = 0, \quad (1)$$

где α, β, γ - массивы заданных ограничений; p - массив параметров формы размещаемого объекта.

Аналитическое решение такой задачи получить не всегда возможно, поэтому приходится использовать численные и аналоговые методы решения. К последним может быть отнесен известный статико-геометрический метод проф. Ковалева С.Н., который был успешно применен для решения двумерных задач размещения.

В рассматриваемой постановке размещения объекта осуществляется под воздействием условных усилий (переменной величины), приложенных в различных точках объекта и вершин Ω' . Эти усилия пропорциональны длинам отрезков прямых, соединяющих данные точки и являются геометрической интерпретацией действующих ограничений. С помощью аналогичных усилий осуществляется управление формой размещаемого объекта.

Объект считается оптимально расположенным в ЗОР и имеющим оптимальные размеры, если он находится в состоянии равновесия под действием указанных усилий и удовлетворяет действующим ограничениям.

Учитывая сложность рассматриваемой оптимизационной задачи вначале рассмотрен ее двумерный вариант - решение на плоскостной модели ЗОР - Ω' . При этом последняя на криволинейных участках дороги перепроецируется на цилиндрическую поверхность, на развертке которой выполняется процесс двумерного размещения, подобный описанному выше, после чего обратным проецированием результат возвращается в трехмерную ЗОР.

Двумерный вариант решения данной задачи предполагает размещение простых геометрических объектов (отрезков прямых, ломаных, прямоугольников), которые являются геометрическими аналогами соответствующих элементов (верха, отдельных секций) плоскостной модели ПС.

Перемещение объекта в R^2 , находящегося под воздействием некоторой группы усилий P_i , описывается уравнениями

$$x = f_1(t), \quad (2)$$

$$y = f_2(t), \quad (3)$$

$$\varphi = f_3(t). \quad (4)$$

где f_1, f_2, f_3 - некоторые функции; t - параметр.

Учитывая характер рассматриваемой прикладной задачи, предполагаемый способ целесообразно рассмотреть на примере плоско-параллельного перемещения, что соответствует (2)+(3).

В процессе двумерного размещения объектов были рассмотрены различные постановки этой задачи:

- 1) размещение некоторой растянутой нити под воздействием ряда усилий;
- 2) размещение объекта с фиксированными параметрами формы при соблюдении заданных метрических условий;
- 3) размещение объекта с одновременным управлением параметров его формы в зависимости от параметров заданной плоскостной модели ЗОР.

Размещение объектов в Ω' в общей постановке предполагает наличие двух групп условных усилий (рис. 3), действующих на них (рис. 4):

- размещающие - $R^i (R^1, R^2, \dots, R^n)$;
- управляющие формой - $P_i (N_i, Q_i, G_i, \dots)$.

Под воздействием первых размещаемый объект, моделируемый своими характерными точками (узлами), в которых приложены эти усилия, изменяет не только положение, но также форму и размеры. Поэтому усилия второй группы обеспечивают восстановление исходных геометрических параметров объекта. Эти же усилия выполняют функции изменения параметров формы объекта для обеспечения оптимальности размеров объекта по отношению к Ω' . Количество этих усилий зависит от размерности размещаемого объекта (и конечно же ЗОР) (см. рис. 3).

Алгоритм размещения организован по итерационному принципу. Исходными данными для расчета служат:

- координаты плоскостной модели ЗОР;
- исходные параметры размещаемого объекта.

Для каждого узла размещаемого объекта составляется уравнения равновесия вида

$$\sum_{i=1}^m R_i^u + \sum_{i=1}^n P_i^u = 0, \quad (5)$$

где u - обобщенное обозначение координат; R_i - размещающие усилия; P_i - усилия управления формой; m - число размещающих усилий; n - число усилий управления формой.

Эти уравнения в проекциях на координатные оси образуют системы линейных уравнений, число которых равно числу характерных точек объекта. В результате решения этих систем определяются координаты узлов очередного приближения.

На этапе анализа результата осуществляется оценка полученных параметров формы и положения, а также сопоставление их

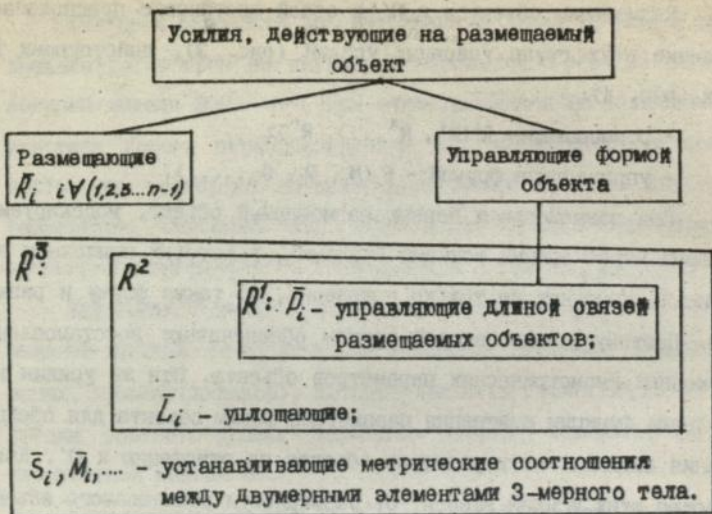


Рис. 3

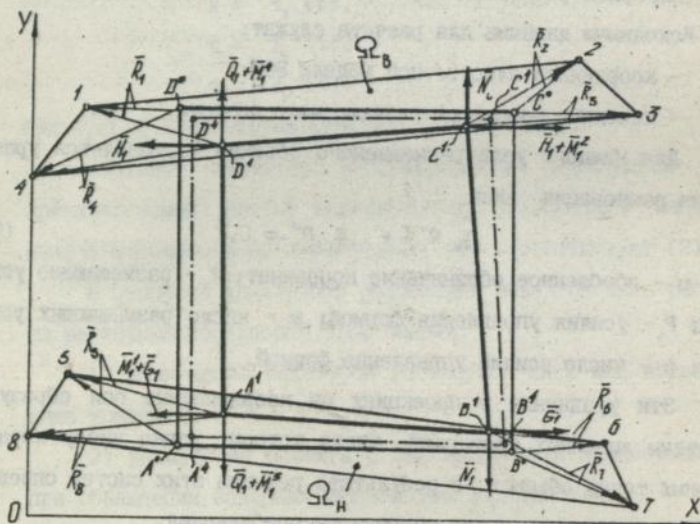


Рис. 4

с системой ограничений и допустимых отклонений. Например, при размещении в Ω' секций ПС – прямоугольников (см. рис. 4) критерием оптимальности размещения принято максимальное заполнение Ω' секциями ПС.

Найденные координаты объекта принимаются в качестве исходных для очередной итерации, и процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто требуемая точность решения, т.е. пока не выполнится условие (5) и

$$N_i, N_j, Q_i, G_i, M_i^j \leq \varepsilon, \quad j \forall (1, 2, 3, \dots, n) \quad (6)$$

где ε – допустимая погрешность решения задачи.

Последняя из вышеперечисленных постановок решения рассматриваемой задачи является обобщением остальных. Она предполагает следующую схему алгоритма размещения, который выполняется в режиме диалога с ЭВМ.

Исходная форма размещаемого объекта с соответствующими (в зависимости от заданной Ω') параметрами формы выбирается из меню секций ПС, которая заранее создается и заносится в память компьютера. Решается система уравнения равновесия узлов вида

$$-2 u_A^i - 2 u_B^i - 2 u_C^i - 2 u_D^i + \sum_{j=1}^m u_j^i = 0, \quad (7)$$

где i – число итераций; m – число граничных точек заданной Ω' ; u – обобщенное обозначение координат.

Осуществляется проверка соблюдения заданных ограничений с требуемыми значениями и допустимыми отклонениями. Если проверка дает негативный результат, проводится корректировка параметров формы размещаемого объекта или по необходимости вводятся усилия, прикладываемые в узлах и направленные в сторону требуемого положения объекта. Снова решается система уравнения (7) с учетом корректировки параметров и введенных усилий, и осуществляется проверка. Процесс итерации остановится, если будет получена требуемая точность решения.

Приведен алгоритм размещения в заданной плоской модели Ω' одновременно нескольких секций ПС – прямоугольников.

В третьей главе изложены вопросы автоматизированного трехмерного размещения объектов в ЗОР. Приведены результаты внедрения выполненных исследований в практику инженерных расчетов.

Конечной целью оптимального проектирования ПС является определение: размеров ПС и ее составляющих элементов; положение ПС, размещенной согласно с исходными конструктивно-технологическими требованиями в ЗОР.

Поскольку речь идет об оптимальном геометрическом проектировании, то конечный результат может быть сформулирован в геометрических терминах: определить оптимальные параметры формы и положения ПС по заданным ее геометрическим ограничениям.

Процесс трехмерного размещения предложен на примерах размещения двумерных и трехмерных объектов – плоскостях и трехмерных телах – которые являются абстрактными отображениями реальных объектов (граней, отдельных блоков, секций ПС). При этом в качестве трехмерной зоны (ЗОР), в пределах которой рассматривается процесс размещения, принимается поверхность – Ω (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), гомеоморфная кубу (рис. 5, 6).

Размещение двумерных объектов в Ω связано с появлением новых усилий L_i , предназначенных для их уплощения (см. рис.5).

В трехмерной зоне равновесное положение объекта, находящегося под воздействием некоторых усилий, может определяться, по аналогии с (5), решением системы уравнения

$$\sum_{i=1}^n R_i^u + \sum_{i=1}^m P_i^u = 0, \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n M_i^u = 0, \quad (9)$$

где R_i^u , P_i^u – проекции соответственно размещающих и управляющих усилий на оси системы координат; M_i^u – моменты этих усилий относительно осей системы координат.

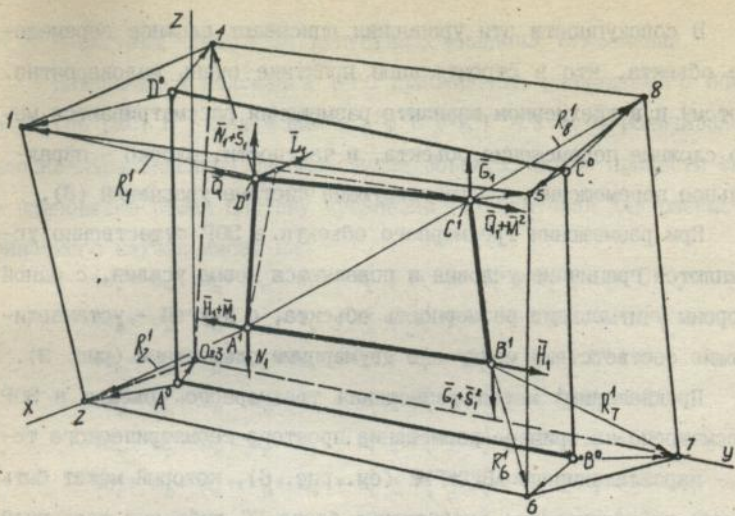


Рис. 5

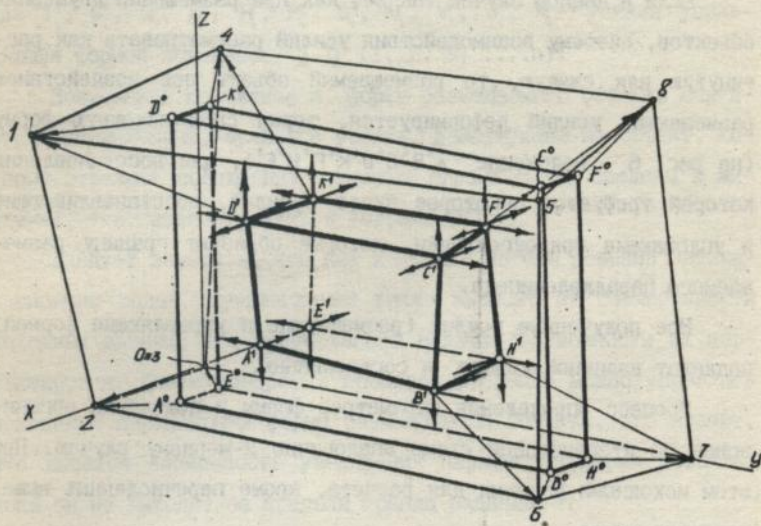


Рис. 6

В совокупности эти уравнения описывают сложное перемещение объекта, что в строительной практике очень маловероятно. Поэтому и в трехмерном варианте размещения рассматриваются менее сложные перемещения объекта, в частности, плоско - параллельное перемещение, соответствующее системе уравнений (8).

При размещении трехмерного объекта в ЗОР существенно усложняются граничные условия и появляются новые усилия, с одной стороны учитывающие размерность объекта, с другой - устанавливающие соответствие между его двумерными элементами (рис. 3).

Предлагаемый метод размещения трехмерного объекта в ЗОР рассмотрено на примере размещения простого геометрического тела - параллелепипеда ABCDKFHE (см. рис. 6), который может быть принят за абстрактное отображение блока ПС либо его составной части.

Если в данном случае так же, как при размещении двумерных объектов, систему взаимодействия усилий рассматривать как растянутую или сжатую, то размещаемый объект под воздействием размещающих усилий деформируется, теряя свою исходную форму (на рис. 6 - положение $A^1B^1C^1D^1K^1F^1H^1E^1$), для восстановления которой требуется некоторое число усилий, восстанавливающие и уплощающие прямоугольники, которые образуют границу размещаемого параллелепипеда.

Все полученные усилия (размещающие и управляющие формой) подлежат взаимной увязке и согласованию.

Процесс определения параметров формы и положения организован по итерационной схеме аналогично 2-мерному случаю. При этом исходными данными для расчета, кроме перечисленных выше, являются также:

- массив данных, обеспечивающей соответствие изменяемых параметров объекта действующим нормам;

- система предельных допустимых линейных отклонений.

Назначается положение 1-го приближения размещаемого объекта (на рис. 6 - положение - $\alpha^{\circ} \beta^{\circ} \gamma^{\circ} \delta^{\circ} \epsilon^{\circ} \zeta^{\circ} \eta^{\circ} \theta^{\circ}$). Ограничиваясь плоско-параллельными перемещениями объекта, можно привести его в равновесие решая систему уравнений (8), которая для рассматриваемого случая имеет вид

$$\begin{aligned} & -4u_A + u_B + u_D + u_E + u_2 \pm H_1^j \pm M_1^j \pm S_1^j \pm N_1^j \pm U_1 = 0 \\ & -4u_B + u_A + u_C + u_E + u_3 \pm H_2^j \pm G_2^j \pm V_1 = 0 \\ & -4u_C + u_B + u_D + u_F + u_7 \pm Q_1^j \pm M_1^j \pm S_1^j \pm G_1^j \pm J_1 = 0 \\ & -4u_D + u_A + u_C + u_K + u_6 \pm Q_2^j \pm M_2^j \pm S_2^j \pm N_2^j \pm W_1 = 0 \\ & -4u_K + u_D + u_E + u_F + u_9 \pm Q_3^j \pm M_3^j \pm S_3^j \pm N_3^j \pm W_1 = 0 \\ & -4u_F + u_C + u_K + u_H + u_8 \pm Q_4^j \pm M_4^j \pm S_4^j \pm G_4^j \pm J_1 = 0 \\ & -4u_H + u_B + u_F + u_E + u_4 \pm M_1^j \pm S_1^j \pm G_1^j \pm T_1^j \pm V_1 = 0 \\ & -4u_E + u_K + u_H + u_A + u_1 \pm N_1^j \pm T_1^j \pm U_1 = 0, \end{aligned}$$

где $T_1^j, G_1^j, Q_1^j, N_1^j, H_1^j, M_1^j, S_1^j, U_1, V_1, J_1, W_1$ - усилия управляющие формой объекта; $j \in \forall (1, 2, 3, \dots, n)$.

Полученные положение и форма размещаемого объекта считается оптимальными, если все усилия, действующие на объект, которые отражают соблюдение заданных ограничений, сведены к минимуму, т.е. если выполнится условие (6).

Следует заметить, что как и другие методы решения оптимизационных задач, предлагаемый также зависит от совместимости исходных данных, что предполагает наличие возможности их корректировки. Иначе говоря, в процессе итерации можно управлять исходными параметрами формы размещаемого объекта, это значит, что имеется возможность увеличения параметров формы объекта, пока он не выходит за пределы границ заданной Ω .

Алгоритм трехмерного размещения доведен до уровня программной реализации на ЭЭВМ и проверен на ряде тестовых примеров.

В диссертационной работе приведены многочисленные примеры оптимального проектирования, проведен их параметрический анализ, представлены соответствующие таблицы и графики.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В реферируемой работе получены следующие результаты:

1. Выполнен комплексный анализ процесса проектирования ПС автомобильных дорог и выявлены геометрические особенности этого процесса, в связи с чем сформулирована задача оптимального геометрического проектирования ПС автомобильных дорог.

2. Сформулировано понятие ЗОР и ее составляющих элементов и разработаны методы ее формирования, являющиеся основой для геометрического оптимального проектирования ПС.

3. Разработан метод плоскостной аппроксимации трехмерной ЗОР, позволяющий решать в ряде случаев двумерную оптимизационную задачу размещения ПС.

4. Разработаны методы оптимального размещения геометрических объектов различной размерности на плоскостной модели ЗОР с учетом возможности управления параметрами размещаемых объектов на основе статико-геометрического метода. При этом выделены две группы усилий, каждая из которых обеспечивает выполнение заданных метрических и позиционных условий.

5. Разработан алгоритм автоматизированного оптимального геометрического размещения трехмерного объекта в отсеке трехмерного пространства, на основе чего предложена глобальная схема интерактивного проектирования ПС в ЗОР, реализующая предложенные методы в работе.

6. Разработанные алгоритмы программно реализованы и внедрены в практику при проектировании сборных железобетонных ПС

автомобильных дорог.

Основные положения диссертационной работы опубликованы в следующих работах автора:

1. Синдаров Р.У. К вопросу определения зоны оптимального размещения подпорных стен автомобильных дорог. Рукопись деп. в ГНТБ Украины, 21.12.93. № 2512, 1993.

2. Синдаров Р.У. Врахування конструктивно-технологічних вимог при оптимальному геометричному проектуванні підпірних стінок //Прикл. геометрія та інж. графіка.- 1994. - Вип. 56. С. 118-120.

3. Синдаров Р.У. Геометрические вопросы размещения подпорных стен и их элементов в зоне оптимального расположения. Рукопись деп. в ГНТБ Украины, 15.08.94, № 1616 - Ук94.

4. Сафронеев И.В., Синдаров Р.У. Размещение элементов сборных подпорных стен в трехмерной зоне их оптимального расположения. Рукопись деп. в ГНТБ Украины, 10.08.94, № 1578 - Ук94.

5. Сафронеев И.В., Синдаров Р.У. Общие принципы проектирования подпорных стен автомобильных дорог //Тезисы докладов Международной научно-практической конференции "Моделирование процессов и технологического оборудования в сельской хозяйстве". - Мелитополь, 1994.

Синдаров Р.У. Оптимальне геометричне проектування підпірних стінок автомобільних дорог, які пролягають по слабопересіченій місцевості.

Дисертація на здобуття вченого ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю: 05.01.01 - Прикладна геометрія та інже-

нерна графіка. Київський державний технічний університет будівництва та архітектури. Київ, 1994.

Захищається п'ять наукових робіт, котрі містять теоретичні дослідження геометричних основ проектування підпільних стінок (ПС) автомобільних доріг, які пролягають слабопересіченій місцевості. Запропоновано означення та принципи формування зони оптимального розташування ПС. На базі статико-геометричного підходу розроблено методи розміщення тривимірних об'єктів, котрі моделюють ПС та її елементи.

Ключові слова:

підпільні стінки автомобільних доріг, оптимальне проектування, зона оптимального розташування, розміщення тривимірних об'єктів, статико-геометричний метод.

Sindarov R.O. The optimal geometric design of the retaining walls of the highways which is passed on lesscrossing country. The thesis to research on scientific degree of a Candidate of Technical Sciences in speciality 05.01.01 - "Applied geometry and engineering graphics", the Kiev State Technical University of Construction and Architecture, city of Kiev, 1994.

It defonded five scientific works consisting the theoretical researches of the geometrical foundation of the optimal design of retaining walls (RW) of highways which is passed on lesscrossing country. There are the definition and principles of forming of the zone of optimal accomodation. author has proposed some methods of accomodation of 3-dimensional objects which is modelled of RW and its elements. This metods is based on static-geometrical method.

Подп. к печ. 21.09.94. Формат 60×84/16. Бумага тип. № 3.
Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 1,0. Услови. кр.-отт. 1,0.
Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 100. Зак. 4-4612.

Фирма «ВИПОЛ».
252151, г. Киев, ул. Воынская, 60.

AB 31.026
AB 31.026