

Н. М. КИРСАНОВ

**В И С Я Ч И Е
К О Н С Т Р У К Ц И И**



СТРОИЗДАТ
МОСКВА—1988

Н. М. КИРСАНОВ, канд. техн. наук



ВИСЯЧИЕ КОНСТРУКЦИИ

Под общей редакцией д-ра техн. наук проф. Н. С. Стрелецкого

Допущено Министерством высшего и среднего специального образования СССР в качестве учебного пособия для студентов инженерно-строительных вузов и факультетов

Сканировал и обрабатывал
Лукин А.О.



ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ
МОСКВА—1968

Кирсанов Н. М. Висячие конструкции. Под общей редакцией д-ра техн. наук проф. Н. С. Стрелецкого. М., Стройиздат, 1968.

В альбоме приведены конструктивные решения висячих и вантовых покрытий общественных и производственных зданий, а также конструкции воздушных подвесных переходов трубопроводов и легких пешеходных мостов.

Даны основные разрезы и планы сооружений, конструкции характерных узлов и элементов. Приведены сведения по расходу материалов, способам монтажа и расчету конструкций.

Альбом предназначен для студентов строительных вузов и факультетов в качестве учебного пособия для курсового и дипломного проектирования и может быть использован инженерами-проектировщиками в их практической работе.

§-2-5

63 68 № 1-12

ОГЛАВЛЕНИЕ

Пояснительная записка	3	Листы 7—9. Крытый каток в Ленинграде	13
Литература	6	Лист 10. Павильон шахматного клуба в Баку	16
Лист 1. Ангар-мастерская для ремонта самолетов гражданского флота	7	Лист 11. Проекты павильонов: а) строительной выставки; б) крытого катка	17
Лист 2. Павильон ГДР на Международной выставке машин в Москве, 1964 г.	8	Лист 12. Обзор компоновочных схем висячих покрытий	18
Лист 3. Летний павильон	9	Лист 13. Висячий переход нефтепровода через реку пролетом 132 м	19
Лист 4. Многопролетные висячие покрытия с несущими элементами из прокатной стали	10	Листы 14, 15. Двухкабельный пешеходный мост вблизи г. Кривого Рога	20
Лист 5. Покрытие над лабораторией в Тбилиси	11	Листы 16, 17. Висячий переход газопровода через р. Аму-Дарью	22
Лист 6. Металлическое мембранное покрытие над шамбассейном	12	Лист 18. Пешеходный мост через р. Уж в г. Коростене	24
		Лист 19. Дождевальная агрегат шириной 605 м	25

Кирсанов Николай Михайлович
ВИСЯЧИЕ КОНСТРУКЦИИ

* * *

Стройиздат
Москва, К-31, Кузнецкий мост, 9

* * *

Редактор издательства М. С. Зубкова
Технический редактор Д. Я. Касимова
Корректор Е. Н. Кудряцева

Сдано в набор 23/1—1968 г. Подписано к печати 22/IV—1968 г. Т-07473. Формат 70×108¹/₈ л. л. — 1,5 бум. л. 4,2 усл. печ. л. (5,11 уч.-изд. л.)
Тираж 12000 экз. Изд. № А-1-627. Зак. № 37. Цена 18 коп.

Подольская типография Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Висячими называются строительные конструкции, в которых основные несущие элементы, перекрывающие пролет сооружения, испытывают растяжение.

Растянутые элементы могут иметь различное конструктивное оформление: в виде отдельных провисающих гибких и жестких (конечной жесткости) нитей, вантовых прямолинейных элементов, сеток с различным очертанием в пространстве, мембран и оболочек. Общее, что характерно для висячих конструкций, — наличие внешних или воспринятых жесткими элементами распоров и большая деформативность при загрузке частями пролета временной нагрузкой по сравнению с обычными балочными и другими жесткими конструкциями.

Основными задачами проектировщика при разработке проекта висячих конструкций являются выбор способов уменьшения дополнительных провесов пролетных элементов от временной нагрузки и экономичное решение анкерных частей сооружения, на которые будут передаваться распоры.

Висячие покрытия, впервые предложенные и осуществленные В. Г. Шуховым в 1890 г. [3], в последнее время получили распространение в строительстве наравне с оболочками и другими большепролетными конструкциями как для общественных, так и для промышленных зданий. Несмотря на отсутствие достаточного опыта в проектировании и возведении таких покрытий, они зарекомендовали себя экономичными по затрате материалов и рабочего времени на монтаже, удобными и надежными в эксплуатации, имеют хороший внешний вид.

В соответствии со способами повышения стабильности и особенностями конструктивных решений различают следующие виды висячих покрытий.

Вантовые комбинированные системы состоят из прямолинейных вант и элементов жесткости (балок, плит, арок, рам). Ванты могут образовывать плоские или пространственные тросовые фермы. Прогибы таких конструкций являются следствием в основном упругих удлинений стержней. Поэтому ван-

товые комбинированные схемы могут быть использованы для покрытий с подвесной крановой нагрузкой (схема 1).

Однопоясные висячие покрытия в виде цилиндрических и параболоидных поверхностей состоят из криволинейных нитей, сеток или мембран, непосредственно воспринимающих поперечную нагрузку. Неизменяемость таких систем достигается увеличением веса настила, его омоноличиванием и предварительным обжатием. При использовании легких настилов рекомендуется вводить пучки оттяжных вант (схема 3).

Двухпоясные висячие покрытия представляют собой предельно напряженные системы, в которых несущие вогнутые тросы пригружены натягивающими канатами — либо сверху с помощью жестких стоек (например, покрытие типа велосипедного колеса), либо снизу посредством подвесок.

Седловидные (сетчатые) покрытия имеют два (или три) семейства тросов — несущих (вогнутых) и расположенных к ним под углом — натягивающих (выпуклых). Такие сетки имеют форму гиперболических параболоидов с передачей распоров на замкнутый контур, кольцо, арки, окаймляющие тросы (поборники).

Большую историю развития и установившиеся конструктивные формы имеют *висячие мосты*. В последнее время в связи с усиленным развитием трубопроводного транспорта возводится большое число висячих переходов через реки.

Опыт показал, что в ряде случаев строительство воздушных переходов трубопроводов обходится в 3—4 раза дешевле, чем устройство дюкеров. Однако использование для этих целей обычных висячих схем с параболическим кабелем и вертикальными подвесками не всегда бывает удачным — при сильном ветре мосты больших пролетов могут испытывать опасные колебания. Поэтому в альбоме уделено значительное внимание системам повышенной жесткости, разработка которых является характерной особенностью советской школы проектирования и возведения висячих мостов.

Раздел I КОНСТРУКЦИИ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИЙ

1. ВАНТОВЫЕ КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

Ангар-мастерская для ремонта самолетов гражданского флота (лист 1). В проекте покрытия ангара применены консольные фермы, подвешенные с помощью тросов к пилонам. Такая система удобна для эксплуатации; здесь свободно располагаются самолеты, они могут быть легко заведены под покрытие и быстро выведены. Строительство двухконсольного ангара возможно осуществить в две очереди — сначала с одной консолью, а затем завершить в виде двухконсольного здания.

В качестве кровли применены легкие панели с эффективным утеплителем, что должно облегчить несущие конструкции и упростить монтаж.

Уменьшение провесов концов консолей при действии кранов достигается устройством продольных связей. Антискорозионная защита тросов предусматривается в виде обмотки, пропитанной тканью, и окраски. Узлы крепления вант покрываются кровельным железом.

Расход стали повышенной прочности по проекту составляет $31,5 \text{ кг/м}^2$, в том числе канатов с временным сопротивлением 120 кг/мм^2 — 7 кг/мм^2 . Расход алюминия АВ-Т1 $12,5 \text{ кг/м}^2$ [18].

Павильон ГДР на Международной выставке строительных и дорожных машин в Москве, 1964 г. (лист 2). Экспозиция вы-

ставки располагалась в трех одинаковых павильонах шатрового типа. Благодаря предварительному напряжению систем оттяжек удалось создать жесткую пространственную конструкцию при небольшом собственном весе кровельного и стенового ограждения. Достоинством данной конструкции также является удобство ее перевозки, монтажа и демонтажа. Применение светопрозрачных пластиков для кровли и стен обеспечило хорошую освещенность в павильоне и оригинальный выставочный интерьер [26].

2. ОДНОПОЯСНЫЕ ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ

Летний павильон (лист 3). Примером цилиндрического покрытия является летний павильон со светопрозрачным стеклопластиковым настилом. Покрытие предназначено для использования в летнее время.

Случайные атмосферные воздействия учтены в виде условной распределенной нагрузки 50 кг/м^2 . Для предотвращения раскачивания покрытия при несимметричных и направленных вверх ветровых нагрузках введены пучки восходящих вант, а также продольный жесткий элемент — дождевой лоток, который по торцам здания оттягивается наклонными расчалками. Расчет несущих нитей производится на постоянную и временные нагрузки, распределенные по всему пролету. Учитывается,

что в этом случае восходящие ванты и торцовые оттяжки лотка выключены.

Приведенный расход стали марки Ст.3 на несущие и анкерные конструкции 12 кг/м^2 . Проект выполнен на кафедре металлических конструкций Воронежского инженерно-строительного института инж. В. Ф. Никифоровым.

Многопролетные висячие покрытия с несущими элементами из прокатной стали (лист 4). В проекте в качестве несущих нитей предложено использовать полосы низколегированной стали 10ХСНД и 15ГС. Настил — железобетонные плиты, крепление закладных частей которых к полосам может быть выполнено с помощью прихваток. Предварительного обжатия настила не предусмотрено.

Возведение опытного покрытия с пролетами 12 м показало, что строительство таких конструкций не вызывает особых трудностей, а испытание временной нагрузкой, соответствующей третьему снеговому району, подтвердило расчетные данные об удовлетворительных прогибах (дополнительных провесах) покрытия: $\frac{1}{800}$ пролета при полном нагружении временной нагрузкой и $\frac{1}{250}$ l при нагружении половины пролета. Опасаться колебаний покрытия от действия ветра не приходится, так как вес настила больше возможной интенсивности отсоса, равной $30 \cdot 1,7 = 51 \text{ кг/м}^2$. Недостатком многопролетного ненапрягаемого покрытия может явиться некоторое раскрытие швов между плитами настила над опорами вследствие ползучести материала плит и несущих элементов. Поэтому в этих местах в кровле следует предусмотреть деформационные швы.

Расход стали на опытное покрытие при сетке колонн $18 \times 36 \text{ м}$, шаге нитей 3 м состоит из следующих слагаемых: нити $5,8 \text{ кг/м}^2$ (10ХСНД), ригели $6,5 \text{ кг/м}^2$ (Ст. 15ГС), колонны $8,1 \text{ кг/м}^2$ (Ст.3), анкера (при длине здания 250 м) $1,4 \text{ кг/м}^2$. Всего $21,8 \text{ кг/м}^2$.

Проект разработан в Новосибирском инженерно-строительном институте доц. Л. Г. Умряшевой.

Покрытие над лабораторией в Тбилиси (лист 5). Круглое в плане здание лаборатории Института строительной механики и сейсмостойкости АН Грузинской ССР в Тбилиси перекрыто висячим вогнутым покрытием с металлическим фонарем. Ванты выполнены из круглой стали 25Г2С. Для плит толщиной 6 см использован пемзобетон. На монтаж покрытия потребовалось 35 дней бригаде, состоящей из 5 человек. Для предварительного обжатия плит покрытие загружали балластом и омоноличивали зазоры между плитами под нагрузкой. Испытания показали, что за счет предварительного напряжения и омоноличивания покрытия прогибы его от временной расчетной нагрузки ($\frac{1}{277}$ пролета) уменьшились в 5 раз. Расход материалов на 1 м^2 полезной площади — $15,65 \text{ кг}$ стали (в основном марки Ст.3) и $0,087 \text{ м}^3$ бетона с учетом конструкций опорного кольца [12].

Металлическое мембранное покрытие над шламбассейном (лист 6). Применение металлической мембраны для круглых в плане покрытий пролетом более 120 м имеет большое будущее, так как сталь, испытывающая здесь двухосное напряжение, используется наиболее эффективно.

Примером конструктивного решения такой мембраны может служить проект реконструкции покрытия над шламбассейном диаметром 40 м. Увеличение расхода металла (36 кг/м^2) по сравнению с тросовыми вантовыми покрытиями таких же размеров может окупиться простотой изготовления и монтажа, если не считать трудностей, связанных с монтажной сваркой встык тонких листов больших размеров.

В проекте для этой цели предлагается использовать автоматическую сварку на флюсовой подушке. Для предохранения от коррозии мембрану покрывают цинком. Стальное опорное кольцо предполагается обетонировать.

Проект разработан в институте Ленпромстройпроект.

3. ДВУХПОЯСНЫЕ ВИСЯЧИЕ ПОКРЫТИЯ

Крытый каток в Ленинграде (листы 7—9). Покрытие над круглым в плане зданием демонстрационного катка запроектировано в виде выпуклых тросовых ферм с пересекающимися поясами. Благодаря такой схеме удается без уменьшения стрелок провеса и подъема поясов сократить строительную высоту конструкции, уменьшить длины стоек, а следовательно, уменьшить расход материалов на них. Распор от тросов воспринимается железобетонным кольцом, расположенным в уровне крепления натягающего троса. При этом верхняя часть колонны работает как консоль. В качестве плит покрытия приняты металлические панели из гнутых листов толщиной 3 мм с акустическим наполнителем, что облегчает несущие тросы и опорное кольцо по сравнению с применением железобетон-

ного настила. Компоновка щитов кровли из четырех однотипных элементов позволила упростить их изготовление и монтаж. Общий расход металла на несущие элементы покрытия, колонны и панели составляет: Ст.3 — около 60 кг/м^2 , металл для тросов с временным сопротивлением 120 кг/мм^2 — $9,7 \text{ кг/м}^2$ и сталь Л55 для литых деталей — $3,2 \text{ кг/м}^2$. Проект покрытия составлен в 1966 г. в институте ЛенЗНИЭП; авторы — инж. Ю. А. Елисеев, А. П. Морозов, Л. С. Москалев. Покрытие построено в 1967 г.

4. СЕДЛОВИДНЫЕ СЕТЧАТЫЕ ПОКРЫТИЯ

Шахматный клуб в Баку (лист 10). В покрытии павильона шахматного клуба сетка, состоящая из растянутых прямолинейных вант, удерживает поднятые консоли шестиугольника, окаймленные трехгранными фермами. В покрытии использован деревянный настил, однако здесь рациональным было бы применение легких панелей.

Расход Ст.3 с учетом арматуры анкерных опор 28 кг/м^2 . Проект выполнен в ГПИ Бакгипрогор. Здание построено в 1960 г.

Проект павильона строительной выставки в Свердловске (лист 11). Покрытие павильона решено в виде сетчатого гиперболического параболоида. Предусматривается натяжение напрягающих тросов и обжатие армоцементных плит оболочки за счет предварительной пригрузки монтируемого покрытия балластом. Арки удерживаются в проектном положении растянутыми элементами фахверка.

Проект выполнен в институте Уральский Промстройини-проект (автор А. Ф. Коваленко при участии Н. И. Андреева).

Проект павильона крытого катка «Сокольники» (лист 11). Институт ЛенЗНИЭП (автор Г. П. Морозов) предложена новая схема анкерных конструкций в виде опрокинутых арок [19]. Такая конструкция контура не требует развития фундаментов для восприятия распоров от арок. В качестве затяжек предложено использовать несущие тросы, скрепляющие концы арок (в проекте четыре пары тросов, считая диагональные). В поперечном направлении натягиваются напрягающие тросы, к которым крепится настил. Недостатком такой схемы является отсутствие предварительного напряжения на больших поверхностях по скатам, что должно отрицательно сказаться на аэродинамических качествах легкого покрытия. Для обеспечения стабильности покрытия можно рекомендовать введение дополнительных несущих канатов (на чертеже показаны пунктиром). По проекту расход металла на покрытие: Ст.3 (арки, колонны, балки) 18 кг/м^2 , металл для тросов 7 кг/м^2 . Приведенная толщина бетона 14 см.

5. ОБЗОР КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ ВИСЯЧИХ ПОКРЫТИИ (ЛИСТ 12)

При проектировании ангара аэропорта ГВФ (схема 11) украинским институтом Проектстальконструкция был разработан вариант вантового покрытия с шагом рам 12 м. Получены ванты диаметром 45 и 38,5 мм, оттяжки 70 мм. Расход прокатной стали 50 кг/м^2 , металл для тросов 4 кг/м^2 , алюминия 9 кг/м^2 .

Консольный навес (схема 12) для стоянки автобусов более удобен в эксплуатации по сравнению с обычным балочным покрытием. Проект такой стоянки разработан институтом Укр-проектстальконструкция. Расход прокатной стали 41 кг/м^2 , металла для тросов 3 кг/м^2 .

Проект *двухконсольного прирельсового склада (схема 13)* минеральных удобрений выполнен в Воронежском инженерно-строительном институте доцентами Б. Е. Молчановым и А. Г. Смирновой и инж. В. А. Архангельским. Основными конструктивными элементами здания являются типовые железобетонные плиты, балки, колонны, а также тросы. Передача нагрузок с подкрановой эстакады на консольное покрытие и наоборот не предусмотрена. Поэтому возможно устройство покрытия с полностью открытым проемом со стороны консоли.

Расход прокатной стали марки Ст.3 $8,9 \text{ кг/м}^2$, металла для тросов $0,3 \text{ кг/м}^2$, для высокопрочной проволоки $1,25 \text{ кг/м}^2$. Приведенная толщина бетона 7,3 см.

По проекту стадиона на 65 тыс. зрителей в Дублине (Ирландия) (схема 14) основными несущими элементами покрытия должны быть ванты диаметром 43 мм, объединенные в пучки по 24 шт. и одетые в сборную железобетонную обойму. После омоноличивания стыков обойма напрягается натяжением канатов. Пролет между пучками (16,8 м) перекрывается прогонами.

В Бремене построен спортивный зал с *цилиндрическим одностатным покрытием (схема 15)*. К шести парам рамных пи-

лонов подвешены ванты, образующие в поперечном направлении складчатый профиль благодаря различным стрелам провеса. Ванты состоят из 14 канатов диаметром 26 мм и обетонированы в сечении высотой 70 см с переменной шириной от 39 см у пилонов до 21 см в пролете. Монтаж покрытия производился с подъемной платформы изнутри здания.

В Оклахома-Сити (США) построено эллиптическое в плане подвесное покрытие (схема 16) размером 120×96 м. К сетке тросов подвешены легкобетонные плиты 3×3 м, ширина швов между которыми меняется в зависимости от кривизны оболочки. Тросы напрягались после дополнительного пригруза и замоноличивания панелей.

Круглое покрытие (схема 17) стадиона в Нью-Йорке напругается весом технического этажа, расположенного выше оболочки (постоянная нагрузка 292 кГ/м²). Вблизи кольца тросы опираются на подкосы из широкополочных двутавров высотой 900 мм. Наружное и центральное кольца выполнены из толстолистовой легированной стали.

Висячее шатровое покрытие со средними стойками (схема 18) принято для типового проекта столовых [20]. По этому проекту построены павильоны в Одессе и Судак. Конструктивная схема покрытия следующая. К радиальным вантам из арматурной стали диаметром 22 мм приварены корытообразные накладки, в которые уложены деревянные бруски 60×60 мм, и крепится кольцевая обрешетка. На нее укладываются волнистые стеклопластиковые листы. Распоры от вант передаются на железобетонные кольца.

Примером двухпоясной висячей конструкции с наклонными подвесками (схема 19) является тросовая ферма системы Д. Яверта, примененная в покрытии спортивного зала. Для кровельных и стеновых ограждающих конструкций здесь применены металлические панели с эффективным утеплителем [28].

Облегчение пилонов достигается введением шарниров в верхней части колонны (между креплением поясов) и в нижнем опорном сечении.

Висячее покрытие над оранжереей (схема 20) построено в Херсоне. Основными несущими элементами покрытия являются двухпоясные тросовые фермы с наклонными подвесками. В качестве кровли использована полиэтиленовая пленка, натягиваемая по оцинкованной проволоке. Размеры трехпролетного

покрытия 60×100 м. В литературе отмечается высокая экономичность покрытия [25].

Многопоясная вантовая ферма с восприимчивым распором (схема 21), проходящим через пазы в стойке, не испытывает дополнительного поперечного изгиба от временной нагрузки. Изучена возможность использования ферм в качестве жестких звеньев трехшарнирных систем с затяжкой [23].

В г. Сен-Назере (Франция) построен спортивный зал (схема 22) на 2,5 тыс. мест в форме наклонной чаши. Железобетонная оболочка опирается на болотистый грунт и свайный ростверк. Висячее покрытие образовано сеткой с треугольными ячейками, распоры от которой передаются на кольцо и коническую кольцевую оболочку шириной 10 м. На сетке укреплены листы волнистой стали, подвешен теплоизоляционный слой, сверху забетонирована плита толщиной 4,5 см и уложена гидроизоляция.

Вантовое спиральное покрытие (схема 23) [19] имеет ряд преимуществ по сравнению с однопоясными системами: повышенную жесткость, экономичность по затрате материалов, удобство в размещении световых проемов, выразительный внешний вид и др. Предложены двухспиральные покрытия и рассмотрены варианты блокировки нескольких павильонов.

Покрытие малого спортивного зала в Токио (схема 24) образовано провисающими нитями, расходящимися по спирали от пилона. В качестве основных несущих элементов приняты трубы, к которым элементы кровли крепятся с помощью сварки. Пологая часть оболочки подкреплена жесткими фермами. Устойчивость пилона, воспринимающего односторонние усилия от покрытия, обеспечивается большим собственным весом и специальной балкой — затяжкой [27]. Расход материалов на сооружение значительно превышает показатели, которые известны для зданий с висячими покрытиями таких же размеров.

Сетчатое покрытие большого спортивного зала в Токио (схема 25) в верхней части крепится к тросам, натянутым между двумя пилонами [27]. Наряду с сеткой в виде несущих и натягивающих канатов в покрытии для обеспечения жесткости и заданных очертаний кровли использованы прокатные профили и металлический настил толщиной 4,5 мм. Сдвигающие усилия от анкеров передаются на фундаментные балки — распорки. По расходу материалов покрытие не отличается от традиционных жестких систем.

Раздел II ЛЕГКИЕ ВИСЯЧИЕ МОСТЫ

6. КОНСТРУКЦИИ ВИСЯЧИХ (ВАНТОВЫХ) ПЕРЕХОДОВ ТРУБОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ РЕКИ И ПЕШЕХОДНЫХ МОСТОВ

Висячий переход нефтепровода через реку с пролетом 132 м (лист 13). Однокабельная система моста — самый распространенный тип воздушного перехода, который используется в настоящее время при строительстве трубопроводов. Конструкция его проста в изготовлении и монтаже. Однако жесткость такой системы при больших пролетах недостаточна — наблюдаются изгиб и колебания по двум и более полуволнам. В этом случае для подобных мостов необходимо принимать меры по увеличению жесткости пролетного строения. Расчет висячих переходов трубопроводов должен производиться по нелинейной схеме [32]. Проект выполнен в институте Укрпроектстальконструкция.

Двухкабельный пешеходный мост вблизи г. Кривого Рога (листы 14, 15). Двухкабельный висячий мост системы С. А. Цапина построен в 1960 г. через Карачуновское водохранилище вблизи г. Кривого Рога. Достоинством двухкабельных систем является повышенная жесткость их при нагружении части пролета [10]. Благодаря этому удается облегчить балку жесткости по сравнению с балкой однокабельного моста. Монтаж такой системы мало отличается от возведения обычных висячих мостов с одним кабелем. Расчет данного моста выполнен по линиям влияния [33], возможен более экономичный расчет с учетом геометрической нелинейности.

На листе 15 показаны крепления подвесок, принятые в проекте, а также варианты сварных узлов моста, разработанные инж. В. К. Астаховым на кафедре металлических конструкций Воронежского инженерно-строительного института. Предложенные узлы в целом на 40% легче литых, принятых в мосту.

Проект моста выполнен в Харьковском отделении Промтрансниипроект.

Висячий переход газопровода через р. Аму-Дарью (листы 16, 17). Пролетное строение моста, построенного в 1964 г., представляет собой решетчатую двухпоясную ферму, к которой подвешена сквозная балка жесткости. Мост рассчитан на укладку двух ниток труб газопровода и проезд в одном направлении технических машин, обслуживающих трассу.

Висячая система с наклонными подвесками почти не отличается по способу монтажа от монтажа мостов с вертикальными подвесками, но прогибы ее на 40—50% меньше прогибов обычной системы при нагружении части пролета, а также не наблюдается подъема незагруженной части пролета [35].

При проектировании узлов крепления подвесок к верхнему поясу учтены горизонтальные составляющие усилий подвесок; введен так называемый дистанционный канат, который прерывается в каждом узле. Этот канат входит в расчетное сечение верхнего пояса.

Расчет моста выполнен с помощью ЭЦВМ. Расход металла на мост составил 1058 т, в том числе 250 т канатов и 175 т низколегированной стали. Объем бетонных работ — около 3600 м³. Проект выполнен Московским ЦНИИ Проектстальконструкция.

Пешеходный мост через р. Уж в г. Коростене (лист 18). При выборе типа городского моста кроме обычных требований придается большое значение его внешнему виду. Висячие и вантовые мосты для этой цели могут быть использованы в свободной от высоких построек части города с открытыми для обозрения подходами к мосту (например, Крымский мост в Москве, мосты в Будапеште). В этом отношении проектировщиками паркового моста в г. Коростене удачно выбрана схема пролетного строения — вместе с простой конструкции найден выразительный силуэт сооружения.

В качестве элемента жесткости использованы типовые сварные балки, объединенные с железобетонной плитой. Расчет вантовых мостов приведен в работах [2, 39].

Проект составлен в институте Укрпроектстальконструкция. Дождевальный агрегат шириной 605 м (лист 19). По конструктивной схеме опытный дождевальная агрегат представляет собой вантовый комбинированный мост с воспринятым распором. Особое внимание уделено пространственной жесткости конструкции, так как агрегат передвигается со скоростью 8 см/мин по эстакадам, расположенным друг от друга на расстоянии 300 м. Вода забирается насосами из лотков, кото-

рые находятся рядом с путями. Предварительное напряжение вант достигается пригрузкой консолей и середины пролета балдастом, общий вес которого 16 т.

Вес воды, находящейся в трубах, 40 т. Вес стальных конструкций моста 216 т, в том числе 17,6 т канатов и 11,1 т механических деталей.

Проект выполнен институтом Укрпроектстальконструкция. Агрегат введен в эксплуатацию в 1965 г.

ЛИТЕРАТУРА

Пособия к курсовому и дипломному проектированию висячих конструкций

1. Качурин В. К. Теория висячих систем. Госстройиздат, 1962.
2. Киреев В. И. Вантовые мосты. «Будивельник», 1967.
3. Кирсанов Н. М. Альбом конструкций висячих покрытий. «Высшая школа», 1965.
4. Косенко И. С. Висячие конструкции покрытий (зарубежный опыт). Стройиздат, 1966.
5. Москалев Н. С. Расчет двухъярусных вантовых ферм. Сб. «Стальные предварительно напряженные и тросовые конструкции». Стройиздат, 1964.
6. СНиП II-Д.7-62. Мосты и трубы. Госстройиздат, 1963.
7. Соболева З. Висячие покрытия. Стройиздат, 1964.
8. Справочник проектировщика жилых и общественных зданий и сооружений. Металлические конструкции. Госстройиздат, 1962.
9. Стрелецкий Н. С. и др. Металлические конструкции. Специальный курс. Стройиздат, 1966.
10. Цаплин С. А. Висячие мосты. Дориздат, 1949.

Литература к разделу I

11. Ведеников Г. С. Влияние параметров конструкций и нагрузки на точность расчетов несущих систем висячих покрытий. Сб. «Металлические конструкции» (работы школы проф. Н. С. Стрелецкого). Стройиздат, 1966.
12. Джапаридзе З. С., Сулаберидзе О. Г. Монтаж и испытание преднапряженной железобетонной висячей оболочки. «Бетон и железобетон», 1966, № 8.
13. Дмитриев Л. Г., Касилов А. В. Вантовые сети большепролетных покрытий на опорном контуре из аркообразных элементов. Сб. «Строительство и архитектура», вып. II, «Будивельник», Киев, 1965.
14. Кузнецов Э. Н. Радиальные вантовые системы. Госстройиздат, 1963.
15. Кульбах В. Р. К вопросу расчета висячих покрытий отрицательной кривизны, имеющих в плане форму эллипса. Труды Таллинского политехнического института, серия А, № 229, 1965.
16. Курбатов О. А. Предварительно напряженные вантовые покрытия в виде системы тросов и распорок. «Строительство и архитектура Ленинграда», 1965, № 12.
17. Мацелинский Р. Н. Статический расчет гибких висячих конструкций. Стройиздат, 1950.
18. Мельников Н. П. Развитие металлических конструкций. Стройиздат, 1965.
19. Морозов Г. П. Новые пространственные системы висячего типа. Сб. «Научные и проектные работы». Стройиздат, Л., 1966.
20. Попов В. Светопрозрачные стеклопластиковые вантовые покрытия. «На стройках России», 1966, № 4.
21. Пшеничнов Г. И. К расчету висячих покрытий круглых в плане. «Инженерный журнал», том II, вып. 3, 1962.

22. Райнус Г. Э. Расчет многопролетных тросов и многопролетных ферм из тросов. Стройиздат, 1967.

23. Размадзе А. Н. и др. Новые висячие системы покрытия промышленных зданий. Труды Грузинского политехнического института им. В. И. Ленина, 1965, № 2 (100) и № 6 (104).

24. Смирнов В. А. Расчет предварительно напряженной двухъярусной подвесной системы. Труды МИИТа, вып. 194, «Транспорт», 1966.

25. Добнов Р. и Шик И. Вантовая оранжерея с пленочным покрытием (на укр. яз.). «Сільське будівництво», 1966, № 6.

26. Prendel W., Eize H. Ausstellungspavillons der DDR auf der Internationalen Baumaschinen-Ausstellung, Moskau, 1964. «Deutsche Architektur», 1964, N 8, S. 502—504.

27. Tsuboi Y., Kawaguchi M. Probleme beim Entwurf einer Hängedachkonstruktion anhand des Beispiels der Schwimmhalle für die Olympischen Spiele 1964 in Tokio. «Der Stahlbau», 1966, N. 3.

28. Jaewerth D. Das Eisstadion Stockholm-Johannenhof. Technologie, Statik, Dynamik und Bauausführung. «Der Stahlbau», 1966, N. 3.

Литература к разделу II

29. Гольденблат И. И. К расчету висячих мостов и газопроводов на ветровые и сейсмические нагрузки. «Сейсмостойкость промышленных зданий и инженерных сооружений». Госстройиздат, 1962.

30. Дуров И. С. Расчет многопролетных висячих мостов с учетом деформации системы. «Строительная механика и расчет сооружений», 1967, № 1.

31. Ильясевич С. А. Сварные стальные мосты. Трансжелдориздат, 1952.

32. Кирсанов Н. М. Расчет однопролетных висячих мостов с учетом прогибов. Сб. «Строительные конструкции». Госстройиздат, 1956.

33. Кирсанов Н. М. Расчет двухкабельных висячих систем по деформированной схеме. Сб. «Стальные предварительно напряженные и тросовые конструкции». Стройиздат, 1964.

34. Петров И. П., Спиридонов В. В. Надземная прокладка трубопроводов. «Недра», 1965.

35. Слоним Э. Я. Особенности работы висячих однопролетных решетчатых вантовых ферм. Сб. «Материалы по металлическим конструкциям». Стройиздат, 1966.

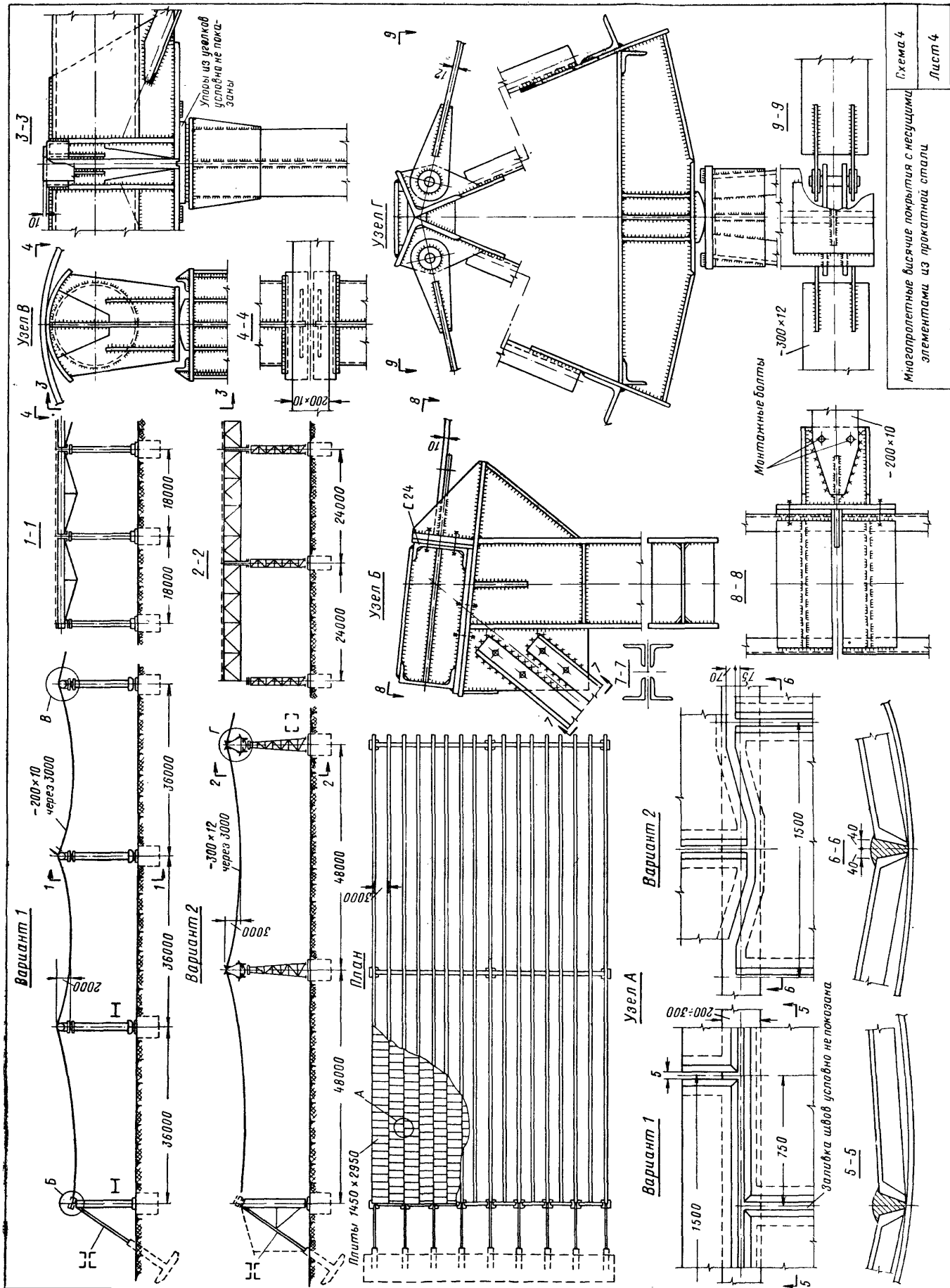
36. Смирнов В. А. Численный метод расчета висячих мостов с учетом геометрической нелинейности. Сб. «Исследование по теории сооружений», вып. XIII. Стройиздат, 1964.

37. Стрелецкий Н. Н. Решетчатые комбинированные системы мостов. Дориздат, 1953.

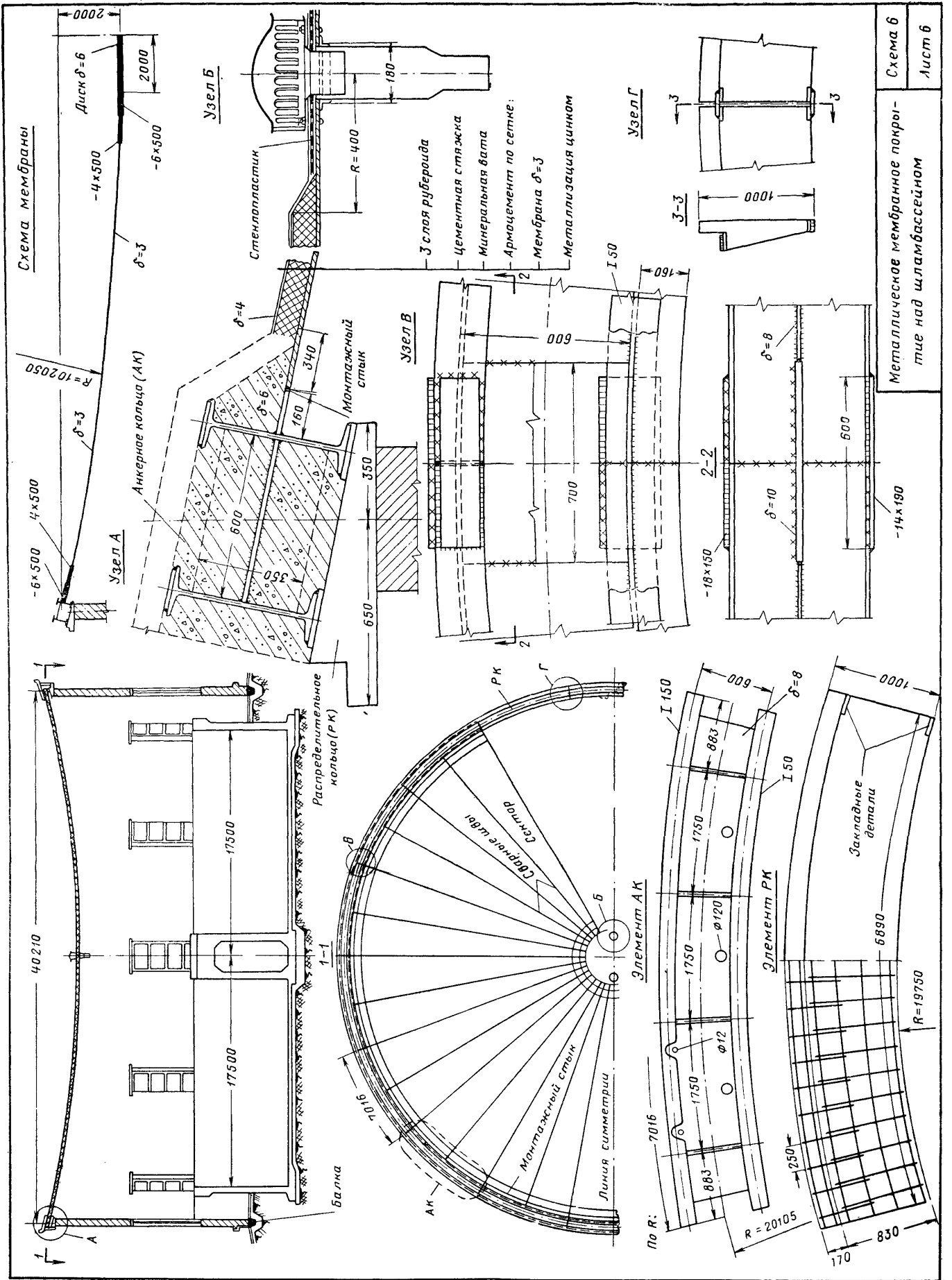
38. Цаплин С. А. Висячие мосты. Гострансиздат, 1949.

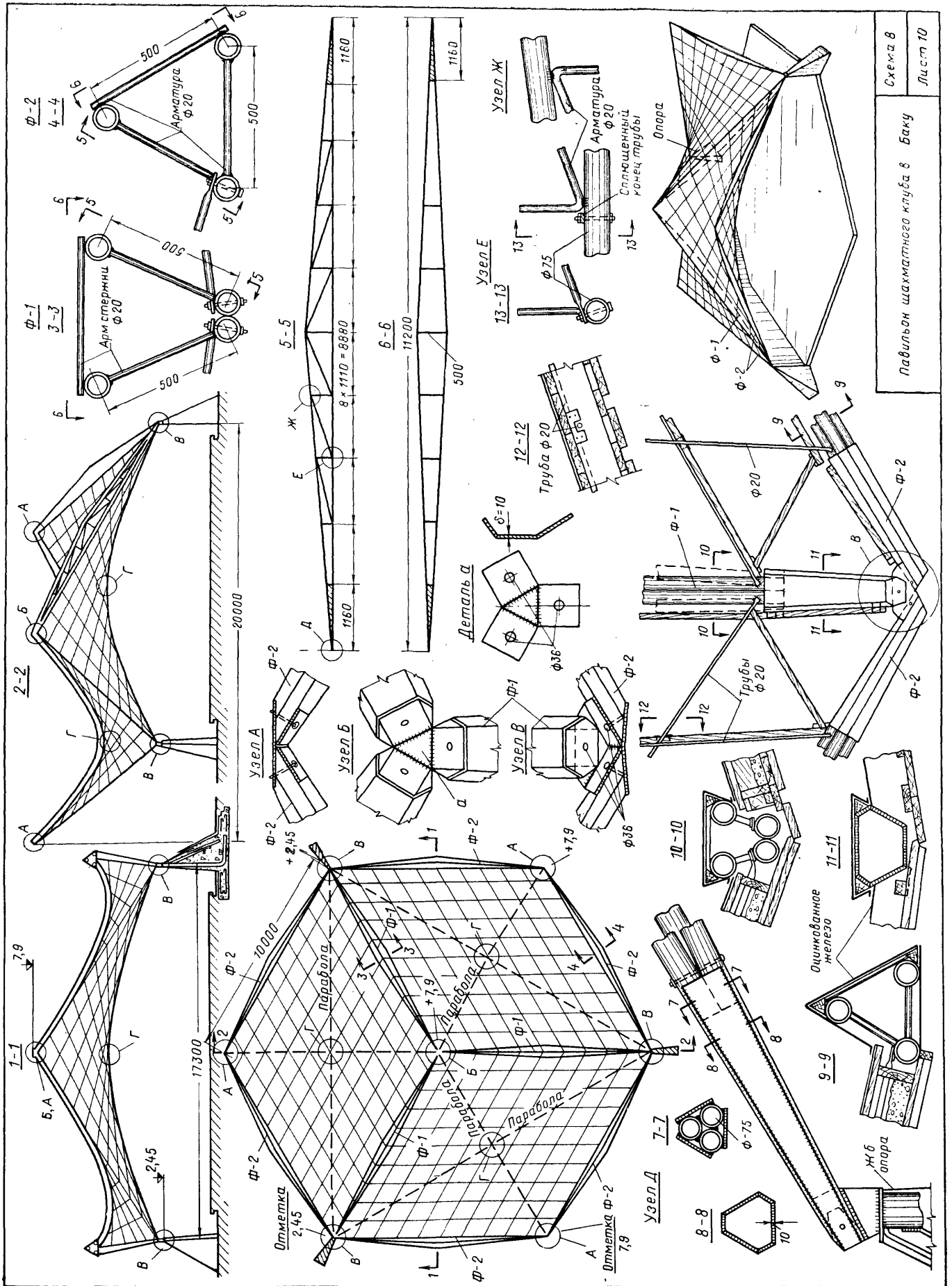
39. Кирсанов Н. М. Деформационный расчет вантовых комбинированных систем. «Известия вузов МВ и ССО СССР». Серия «Строительство и архитектура», 1967, № 4.

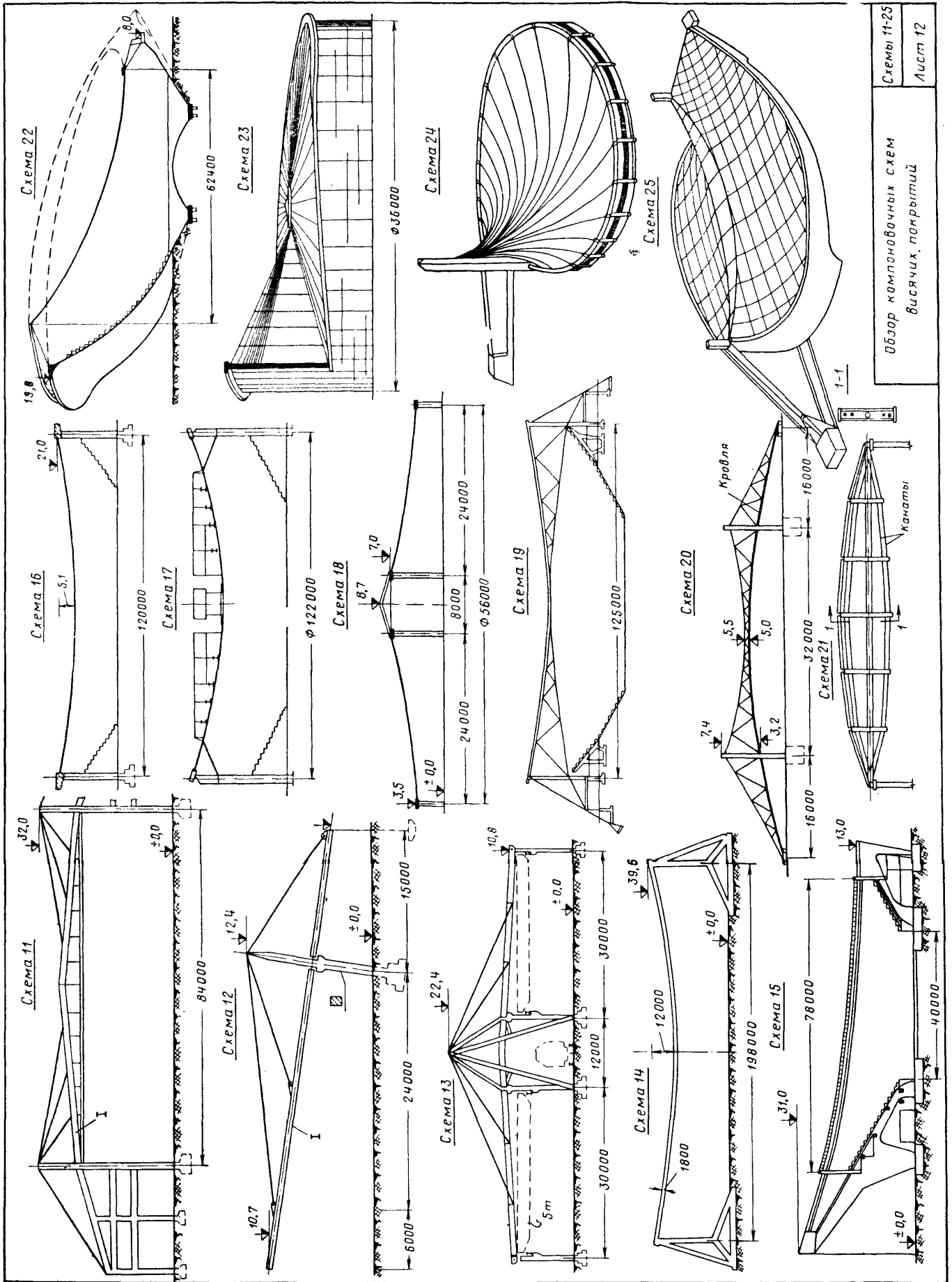
40. Tesár A. Rerýv predpätý visutý potrubný most v. CSSR. Inženýrské stavby. 1963, № 10.



Многопролетные висячие покрытия с несущими элементами из прокатной стали
 Схема 4
 Лист 4

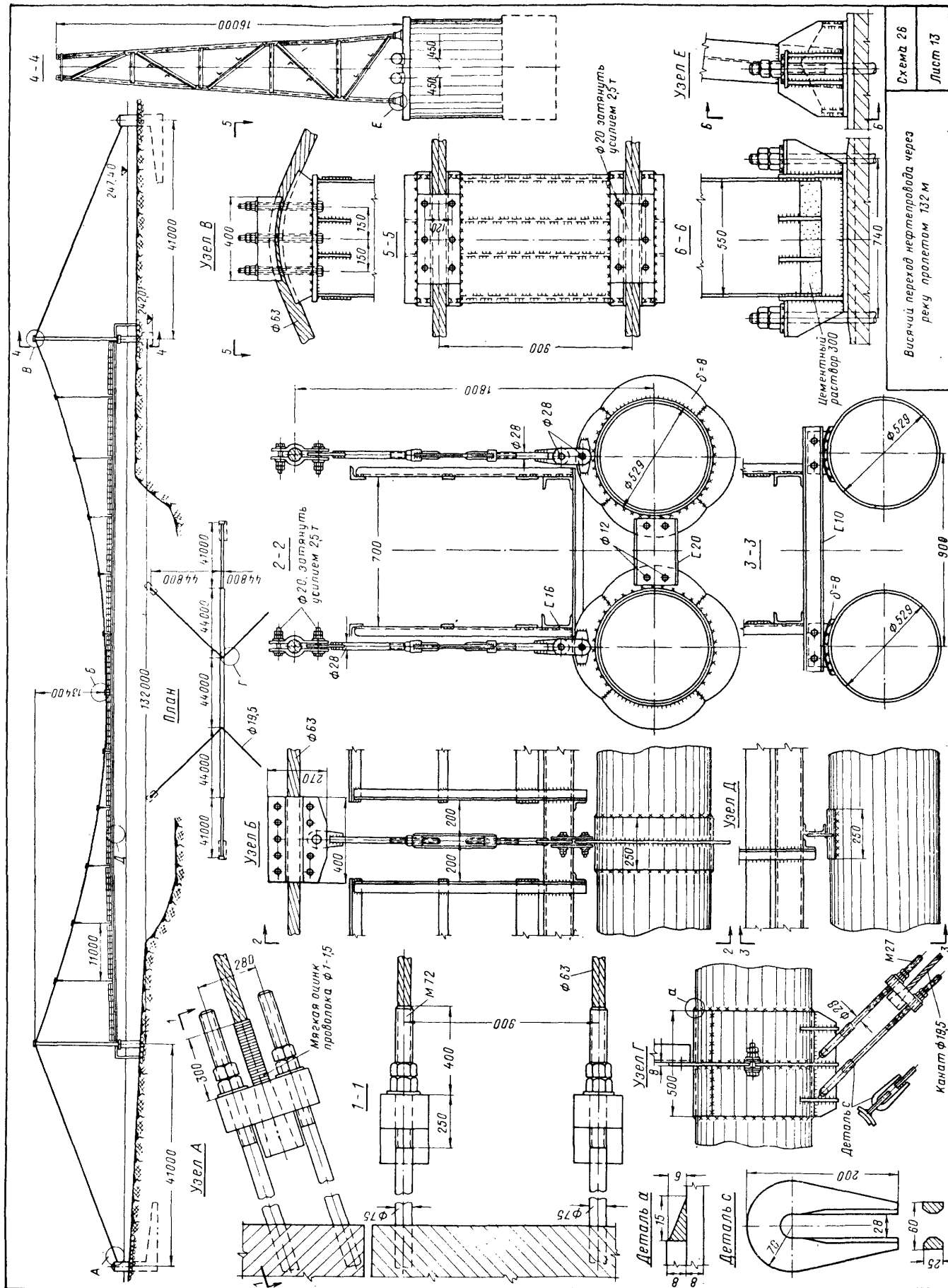






Обзор компоновочных схем
висячих покрытий

Схемы 11-25
Лист 12



Висячий переход нефтепровода через
 реку пролетом 132 м

Схема 26

Лист 13

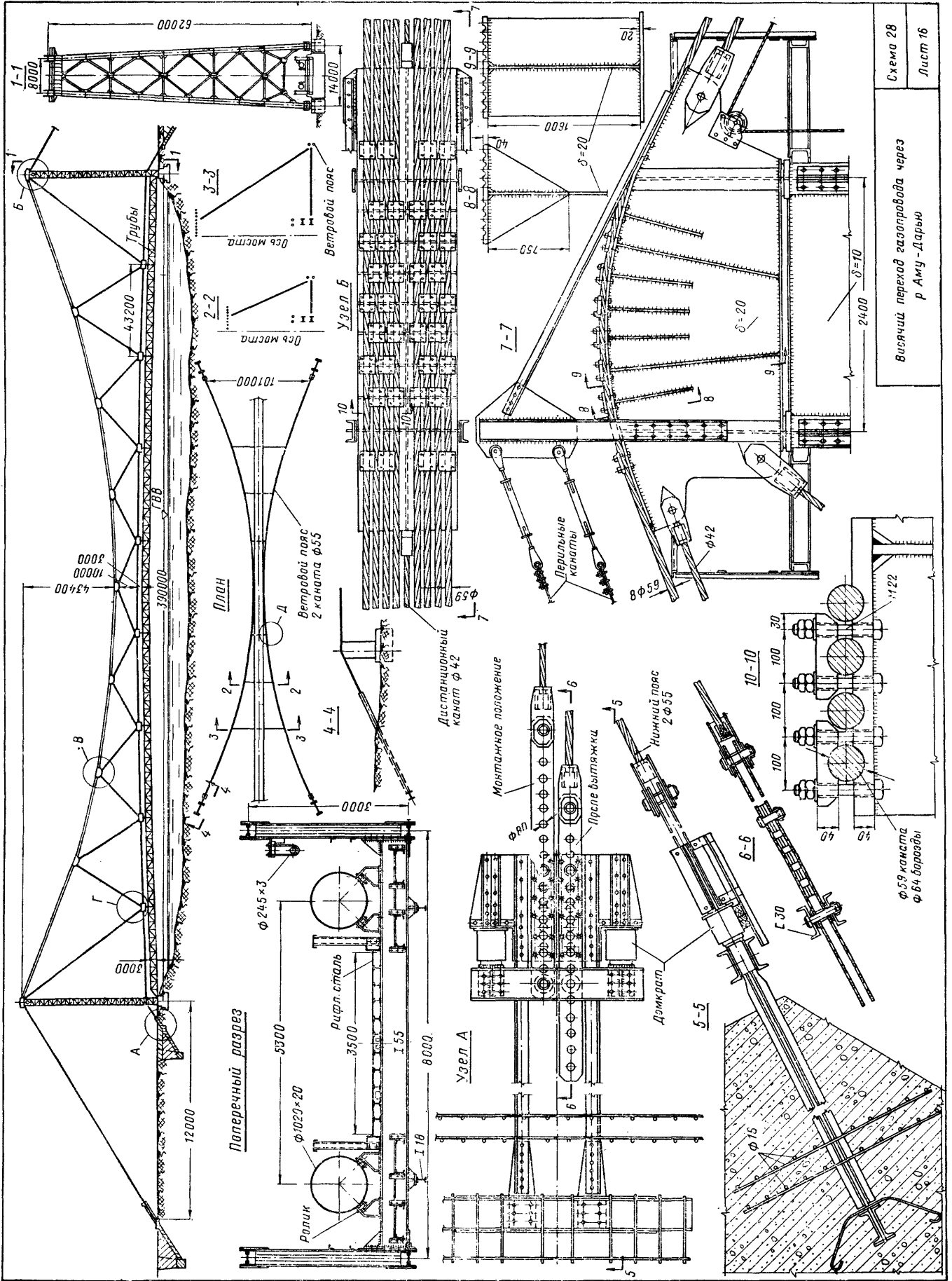


Схема 28
Лист 16

Висячий переход газопровода через
р. Аму-Дарью

