



ДО 40-РІЧЧЯ КИЇВСЬКОЇ ТЕЛЕВЕЖІ

## МЕТОД ПОДРАЦИВАННЯ ПРИ МОНТАЖЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦІЙ КИЄВСЬКОЇ ТЕЛЕБАШНИ

Сущность предложенного способа монтажа башни методом подращивания заключается в следующем. До начала монтажа сооружения устанавливают подъемно-сборочный агрегат, на котором монтируют часть ствола. На нулевой отметке собирают опоры-ноги базы и соединяют их шарнирами со стволом. Подращивая ствол, устанавливают опоры-ноги в проектное положение, под нижние концы которых подводят фундамент, а верхние объединяют решеткой, образуя обойму, через которую в дальнейшем выдвигают ствол до проектной отметки. Затем опоры-ноги жестко закрепляют к стволу, внутри которого продолжают выдвигать антенну и шахту лифтов.

Проект производства работ (ППР), разработанный институтом «Укрмонтажоргстрой», на основании предложенного способа монтажа башни методом подращивания предопределил четыре характерных этапа (рис. 1).

**Подготовительный этап.** В соответствии с разработанным стройгенпланом после планировки территории были устроены внутриплощадочные проезды и дороги с улучшенным пок-



**Н.П. Сьтнік**

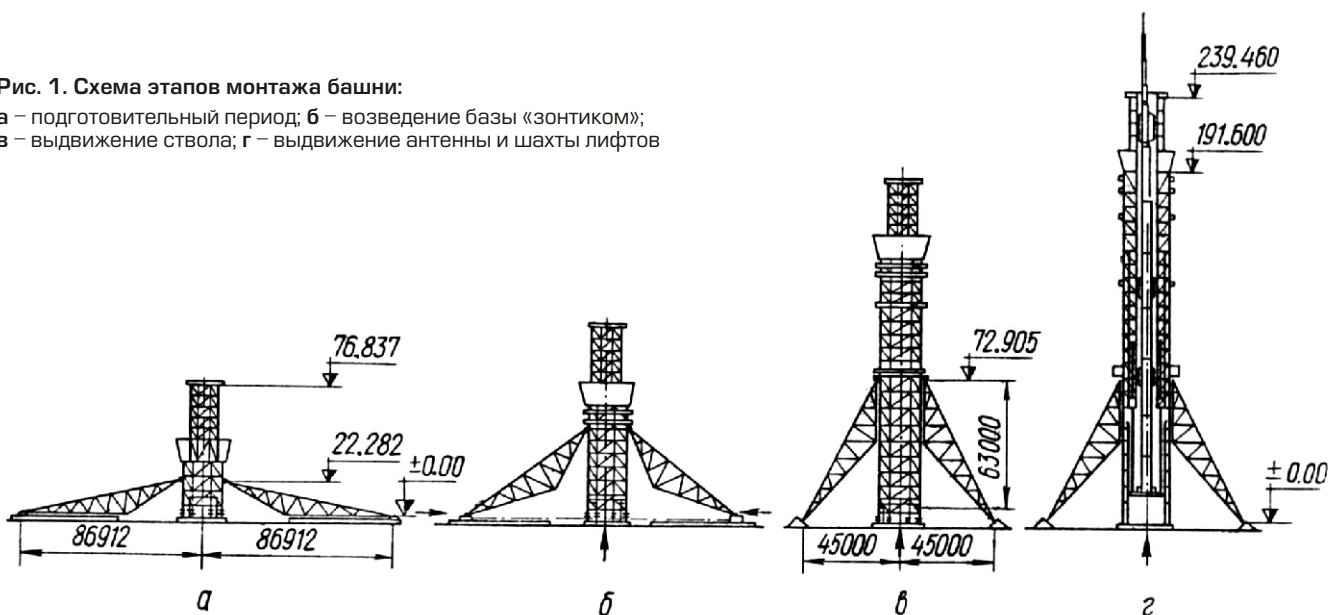
директор ООО «Научно-технический центр «Монтажспецтехника», д.т.н., лауреат Государственных премий СССР и Украины, заслуженный изобретатель УССР

рытием, отведены и благоустроены места для складирования металлоконструкций, площадки под их укрупнительную сборку, подведена электроэнергия, устроено общеплощадочное освещение и установлено необходимое количество передвижных вагончиков для размещения бытовок и прорабских помещений.

На этом этапе были забетонированы фундаменты для шахты лифтов и подъемно-сборочного агрегата, фундаменты под опоры-ноги башни, а также ленточные под накатные пути, кроме того смонтированы подъемно-сборочный агрегат, стенды для укрупнительной сборки конструкций, часть конструкций верха башни, опоры-ноги башни.

Рис. 1. Схема этапов монтажа башни:

а – подготовительный период; б – возведение базы «зонтиком»; в – выдвигание ствола; г – выдвигание антенны и шахты лифтов



\* А.с. № 447493. Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1974, № 39

Для башенного крана КБ-1000 выполнен кольцевой путь с радиусом 49 м, расположенный эксцентрично относительно центра башни. Это дало возможность вести укрупнительную сборку и монтаж секций ствола башни, ствола антенны «Алтай» и опор-ног базы, а также складировать конструкции внутри кольцевых путей, расширяя таким образом площадь, которую может обслужить кран.

Верхние плоские блоки поочередно выводили в вертикальное положение двумя одновременно работающими кранами СКГ-63 и КБ-1000.

Нижние части блоков опор-ног возводили в предмонтажное положение самоходными кранами СКГ-63 и МКП-40 и пристыковывали к верхнему блоку.

Параллельно с установкой в предмонтажное положение опор-ног башенным краном монтировали конструкции верхнего технического здания.

Затем было смонтировано синхронизирующе-натяжное устройство, представляющее собой замкнутую канатную систему, огибающую блоки, установленные в начале и в конце накатного пути опор-ног базы, блоки были закреплены к якорям.

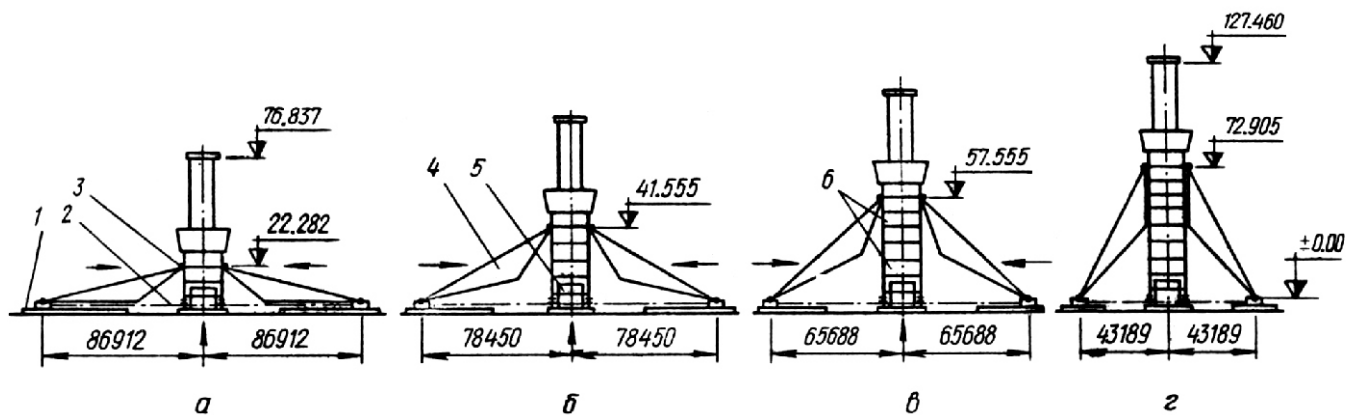
Всего было смонтировано 1205 т металлоконструкций верхних секций ствола башни, ствола антенны «Алтай» и опор-ног базы, а также 175 т монтажного оборудования.

**Возведение базы «зонтиком».** Такое название этот этап получил потому, что в процессе подъема опор-ног базы концы опор-ног, приближаясь к стволу, напоминают закрывающийся

зонтик. Технологический процесс возведения базы «зонтиком» (рис. 2) от предмонтажного начального положения (определяющегося положением шарниров соединения опор-ног базы со стволем башни на отметке 22.282 м) в конечное проектное положение (характеризовавшееся креплением опор-ног базы к стволу на отметке 72.0 м, что соответствует положению шарниров на отметке 72.905 м) производился одновременно с подрачиванием ствола путем поэлементной сборки и сварки подрачиваемого яруса на подъемно-сборочном агрегате АПС-8 и последовательного ступенчатого подъема в пределах яруса на его высоту 8 м (восемь шагов по 0,9 и один последний 0,8 м). Для возведения базы в проектное положение было произведено семь таких циклов (стадий подъема), т. е. подрачено семь ярусов ствола.

Масса конструкций каждого яруса в зависимости от толщины труб колебалась от 28 до 30 т.

В процессе монтажа базы «зонтиком» синхронизирующе-натяжное устройство позволило исключить перекося ствол башни от возникающих горизонтальных нагрузок. Это подтверждает тот факт, что отклонения оси ствола от вертикали в процессе монтажа не только не превышали нормативные 0,001Н, но были меньше их в 2–4 раза. При возведении базы нижние концы четырех ее опор-ног перемещались по накатным путям на одинаковые расстояния, т.е. в замкнутой кольцевой канатной системе СНУ-4 с предварительным натяжением происходило перераспределение и выравнивание усилий. Усилия в системе в процессе подъема изменялись в



**Рис. 3. Схема технологического процесса возведения базы «зонтиком»:**

а – первоначальное положение опор-ног базы и части ствола перед возведением; б и в – промежуточные положения опор-ног базы в процессе их возведения соответственно после подрачивания трех и пяти ярусов ствола; г – конечное (проектное) положение опор-ног после подрачивания семи ярусов ствола; 1 – накатной путь; 2 – синхронизирующе-натяжное устройство СНУ-4; 3 – технологический шарнир соединения опоры-ноги базы со стволем; 4 – опоры-ноги базы; 5 – подъемно-сборочный агрегат АПС-8; 6 – подрачиваемые ярусы ствола

небольших пределах, а максимальное отставание ног базы относительно друг друга при их перемещении по накатным путям не превышало 40 мм. После каждого подъема ствола на один ярус монтажные башмаки базы дополнительно фиксировались специальными противоугонными устройствами, установленными на рельсах накатных путей. Промежуточное положение возведения базы «зонтиком» показано на рис. 3.

На конечной стадии этого этапа на подъемно-сборочный агрегат приходилась нагрузка, равная 1364 тс.

После выведения базы в проектное положение была тщательно выверена вертикальность смонтированной части башни.

**Выдвижение ствола.** Перед началом этапа выдвижения ствола на отметке 72.33 м всех восьми вертикальных поясов базы были смонтированы верхние рычажные направляющие устройства.

Верхние направляющие устройства совместно с нижними направляющими подъемно-сборочного агрегата, смонтированными на отметках 9.48 м на опоре-кондукторе, образовали направляющий «канал» высотой около 63,0 м для выдвижения ствола, который обеспечил его вертикальность в процессе выдвижения, а также восприятие возникающих горизонтальных нагрузок. При этом технологический процесс подращивания элементов ствола (рис. 4) не имел принципиальных отличий от описанного при возведении базы «зонтиком», который выполнялся одновременно с возведением базы.

В связи с тем, что ствол башни заканчивался на отметке 64.0 м для выдвижения его на проектную отметку потребовалось искусственное удлинение на восемь дополнительных ярусов,



Рис. 3. Возведение базы «зонтиком» (промежуточное положение опор-ног базы)

получивших название хвостовик. Все размеры и геометрия яруса хвостовика были аналогичны ярусам ствола башни. Учитывая, что хвостовик является временной конструкцией, все его элементы были выполнены из обычной стали класса С-30 (пояса из труб, а решетка – из прокатных профилей). Масса хвостовика составила 155 т.

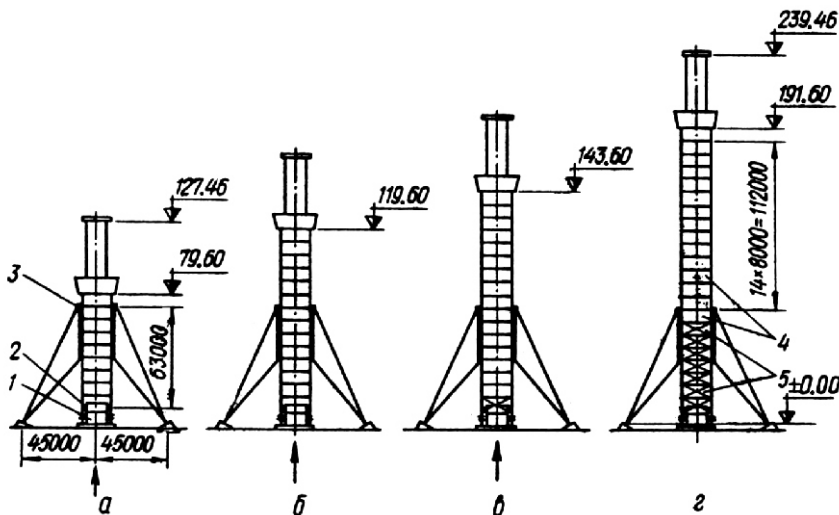
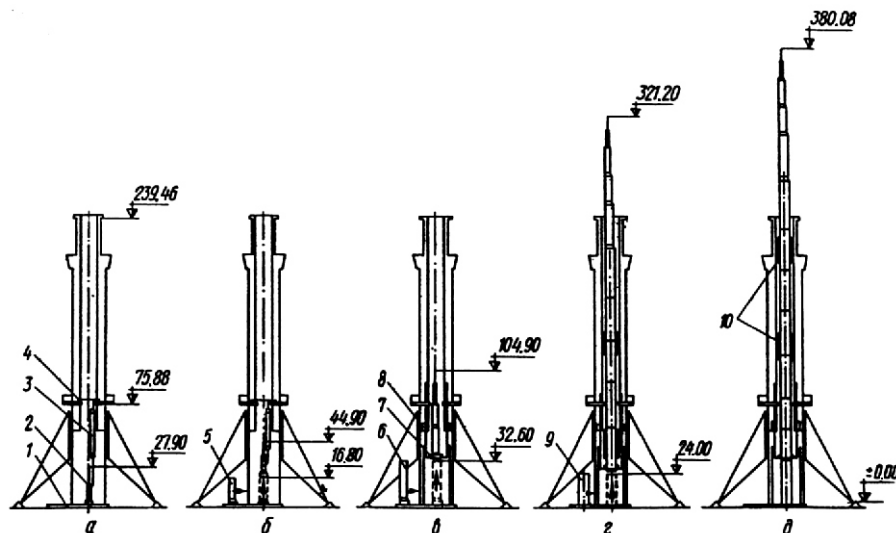


Рис. 4. Схема технологического процесса выдвижения ствола:

а – первоначальное положение ствола перед его выдвижением; б и в – промежуточные положения ствола в процессе выдвижения после подращивания соответственно пяти, семи ярусов ствола и одного яруса хвостовика; г – конечное (проектное) положение ствола после подращивания семи ярусов ствола и семи ярусов хвостовика;

- 1 – подъемно-сборочный агрегат АПС-8;
- 2 – нижнее рычажное направляющее устройство;
- 3 – верхнее рычажное направляющее устройство;
- 4 – подращиваемые ярусы ствола;
- 5 – подращиваемые ярусы хвостовика



**Рис. 5. Схема технологического процесса выдвигания антенны и шахты лифтов:**

**а** – первоначальное положение первого монтажного блока антенны А1 перед его подъемом полиспастом; **б, в и г** – промежуточные положения блоков антенны и шахты лифтов в процессе их выдвигания на различных монтажных стадиях подъема – соответственно в конце 1-й, 3-й и 9-й; **д** – конечное (проектное) положение блока антенны и шахты лифтов (13-я монтажная стадия подъема); **1** – лист для надвигки монтажных блоков; **2** – блок антенны А1; **3** – подъемный полиспаст; **4** – балки перекрытия нижнего технического здания (место строповки полиспаста); **5** – подача блока антенны А2 в зону монтажа; **6** – подача блока антенны А4 в зону монтажа; **7** – строповочный упор; **8** – шаговый подъемный агрегат АПШ-3; **9** – подача блока шахты лифтов Ш5 в зону монтажа; **10** – направляющие

На этом этапе при первом подъеме масса выдвигаемого блока составляла 871 т, последний блок имел массу 1470 т. Выдвижение ствола башни продолжалось 140 рабочих дней, т. е. 6 дней на один 8-метровый ярус.

После окончания выдвигания ствола башни на проектную отметку 240.0 м была выполнена тщательная его выверка относительно вертикальной оси. Затем ствол с помощью листовых вставок на сварке закрепили к верхней панели базы.

#### **Выдвижение антенны и шахты лифтов.**

Выдвижение антенны и шахты лифтов было осуществлено путем последовательного подъема непрерывно укрупняемого блока (рис. 5).

Согласно ППР антенна и шахта лифтов были разбиты на 13 монтажных блоков (на пять – антенна А1–А5 и восемь шахта лифтов Ш1–Ш8), соответственно этап выдвигания антенны и шахты лифтов имел 13 монтажных стадий подъема. Сущность способа монтажа на данном этапе заключалась в следующем.

Самый верхний блок антенны А1 поднимали на высоту, необходимую для свободной подставки нижерасположенного блока А2. После оформления и сварки монтажного стыка блока А1 с А2 укрупненный блок антенны поднимали на высоту, необходимую для свободной подставки следующего монтажного блока А3. При достижении проектного положения ствол антенны и шахты лифтов закрепляли на центральном фундаменте, а также в уровне верха ствола антенны «Алтай» и верхнего технического здания.

Перед подъемом были замерены высота последнего блока и расстояние между кольцами

постоянного проектного закрепления антенны и отметкой 239.235 м. Блок установили на металлический лист для надвигки, на котором по окружности царги были уложены металлические подкладки высотой 250 мм. Последний подъем (рис. 6) продолжался до тех пор, пока кольцо на царге не совпало с местом проектного закрепления на отметке 239.235 м. Масса последнего поднимаемого блока составила 715 т.

Затем демонтировали всю монтажную оснастку, балочную клетку и шаговый агрегат.

**Специальное оборудование для монтажа металлоконструкций башни.** Новые технические решения предложенного способа возведения башни методом подрачивания вызвали необходимость создания целого комплекса специального монтажного оборудования, технический и рабочий проекты которого были разработаны институтом «Укрмонтажоргстрой». Работа по его проектированию была не менее сложной, чем разработка способа и технологии монтажа.

Еще в начальной стадии проектирования башни велись поиски принципиальных технических решений способа осуществления ее монтажа методом подрачивания, прорабатывались системы подъема в целом и входящие в них отдельные наиболее ответственные узлы специального монтажного оборудования.

При разработке систем подъема и специального монтажного оборудования конструкторам пришлось решать ряд сложных задач, связанных главным образом со спецификой принятого метода монтажа. Необходимо было обеспечить:

- надежную и безаварийную работу систем подъема на всех этапах строительства в любой период монтажного состояния;
- высокую точность сборки и сварки конструкций башни при непосредственном примыкании трубчатых элементов друг к другу и создать условия для их контроля;
- гарантированные величины монтажных воздействий на прочность и устойчивость конструкций башни в местах их соприкосновения (сочленения, контакта) с элементами монтажного оборудования;
- максимальную унификацию монтажного оборудования с целью возможности его последовательного использования для всех трех этапов строительства башни;
- проведение предварительной сборки, наладки и испытания монтажного оборудования в возможно близких к реальным условиям его работы при монтаже башни.

В то же время при проектировании оборудования большое внимание было уделено упрощению его конструктивных решений и технологичности изготовления, чтобы его реализация была экономически оправдана.

Новизна и технические особенности сооружаемой башни и принятого способа не давали возможности использовать известные технические решения за исключением отдельных элементов и гидрооборудования. Поэтому еще на стадии проектирования башни изучались и анализировались имеющиеся технические решения для осуществления аналогичных или подобных задач с целью определения возможности хотя бы их

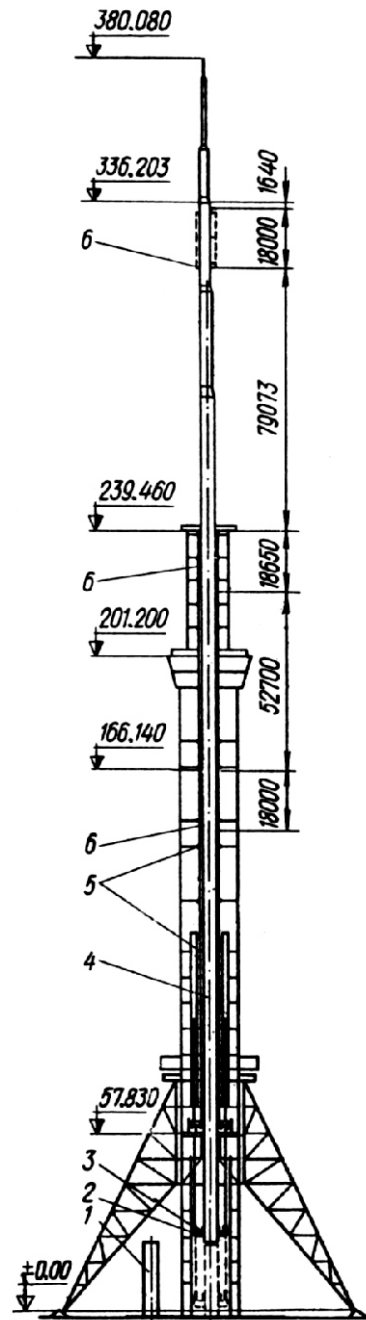


Рис. 6. Схема выдвигания последнего блока антенны и шахты лифтов Б13 (13-я монтажная стадия подъема): 1 – подача блока шахты лифтов ШВ в зону монтажа; 2 – шаговый подъемный агрегат АПШ-3; 3 – строповочный упор; 4 – выдвигаемый блок Б13; 5 – монтажные упоры диафрагм ствола; 6 – направляющие.

частичного использования в дальнейших разработках. Поиски велись как по принципиальным решениям, определяющим общую компоновку и конструкцию агрегата или устройства в целом, так и по отдельным его узлам и механизмам. Особенно важно было найти наиболее надежный и безопасный механизм для подъема башни и выбрать его тип.

В процессе изучения и анализа условий монтажа башни на каждом этапе в соответствии с принципиальными схемами принятого метода было найдено комплексное решение этой проблемы путем создания для этапов возведения базы «зонтиком» и выдвигания ствола специального подъемно-сборочного агрегата АПС-8\*\*.

Кроме того, для обеспечения устойчивости башни на этапе возведения базы «зонтиком» было предложено использовать опоры-ноги базы в качестве подвижных подпорок ствола, для чего было разработано специальное синхронизирующе-натяжное устройство СНУ-4.

Для обеспечения работы системы подъема на этапе выдвигания ствола, кроме агрегата АПС-8, были разработаны верхние рычажные направляющие устройства, устанавливаемые на отметке 72 м. На этапе выдвигания антенны и шахты лифтов для обеспечения работы системы подъема создан шаговый подъемный агрегат АПШ-3. Помимо этого, для придания направления и обеспечения устойчивости выдвигаемого блока на нем были устроены направляющие, а на диафрагмах основного ствола башни и ствола антенны «Алтай» – направляющие опоры.

\*\* А.с. № 417587. Бюллетень «Открытия, изобретения, промышленные образцы, товарные знаки», 1974, № 8.

В процессе разработки способа монтажа и монтажного оборудования, учитывая их новизну и уникальность сооружения, появлялись дополнительные требования, направленные на повышение надежности и безопасности монтажа, которые учитывались на последующих стадиях проектирования оборудования или же вносились изменения в проект.

**Подъемно-сборочный агрегат АПС-8** – это комплекс многоцелевого назначения с различными механизмами и устройствами (рис. 7), при проектировании которого конструкторам необходимо было учесть следующие факторы:

- удобство монтажа, высокую точность сборки и геометрию подращиваемых ярусов ствола башни при непосредственном примыкании трубчатых элементов друг к другу;
- возможность подъема выдвигаемого блока на высоту яруса – 8 м;
- синхронную работу домкратных установок, предусмотрев при этом возможность работы каждой в отдельности;
- восприятие горизонтальных нагрузок, возникающих в процессе возведения базы «зонтиком» и выдвижения ствола при рабочем ветре и при закреплении конструкций на случай ураганного ветра (нерабочее состояние);
- одновременное равномерное восприятие горизонтальных нагрузок всеми толкателями при их заземлении;

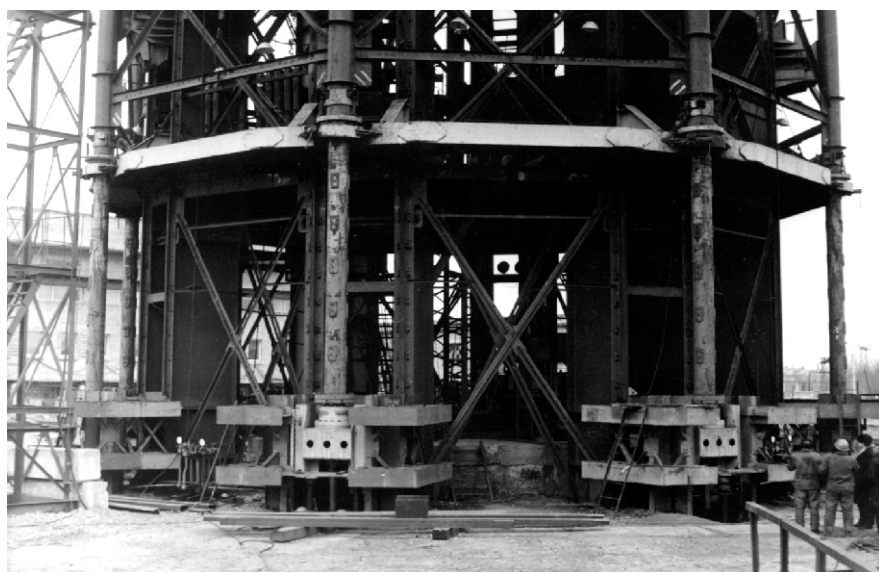


Рис. 7. Общий вид подъемно-сборочного агрегата АПС-8

- недеформируемость контура поперечного сечения подращиваемого яруса в уровне опирания его на толкатели в периоды подъема при рабочем ветре и в нерабочем состоянии;
- направленное выдвижение базы и ствола при их подъеме;
- надежность домкратной установки, предусмотрев полуавтоматическое предохранительное устройство, препятствующее самопроизвольному опусканию домкратов и фиксирующее башню в любом промежуточном положении;
- восприятие возможного появления крутящего момента от башни на агрегат.

Подъемно-сборочный агрегат АПС-8 включает несущую опору-кондуктор, устанавливаемую на центральном фундаменте внутри подращиваемого ствола башни; восемь гидродомкратных установок, расположенных под каждым поясом башни по их осям и жестко связанных с опорой-кондуктором; восемь шаговых толкателей, шарнирно связанных с гидродомкратными установками; монтажную диафрагму, жестко соединяющую между собой все толкатели в местах опирания на них поясов ствола; восемь нижних рычажных направляющих устройств, закрепленных на опоре-кондукторе; гидронасосной станции с пультом управления и системы маслопроводов с гидрооборудованием (рис. 8).

Агрегат обеспечивает возможность возведения многостоечной трубчатой башни большой высоты методом подращивания с выполнением всех сборочно-сварочных работ внизу на постоянных рабочих местах в полuceховых условиях, образуя вертикальную поточную линию производства работ по принципу конвейера.

В нем совокупно выполнены и использованы в неразрывной связи между собой сборочное приспособление с рабочими площадками для поэлементной сборки с обеспечением допусков требуемой геометрии подращиваемых ярусов, гидродомкратное устройство для подъема

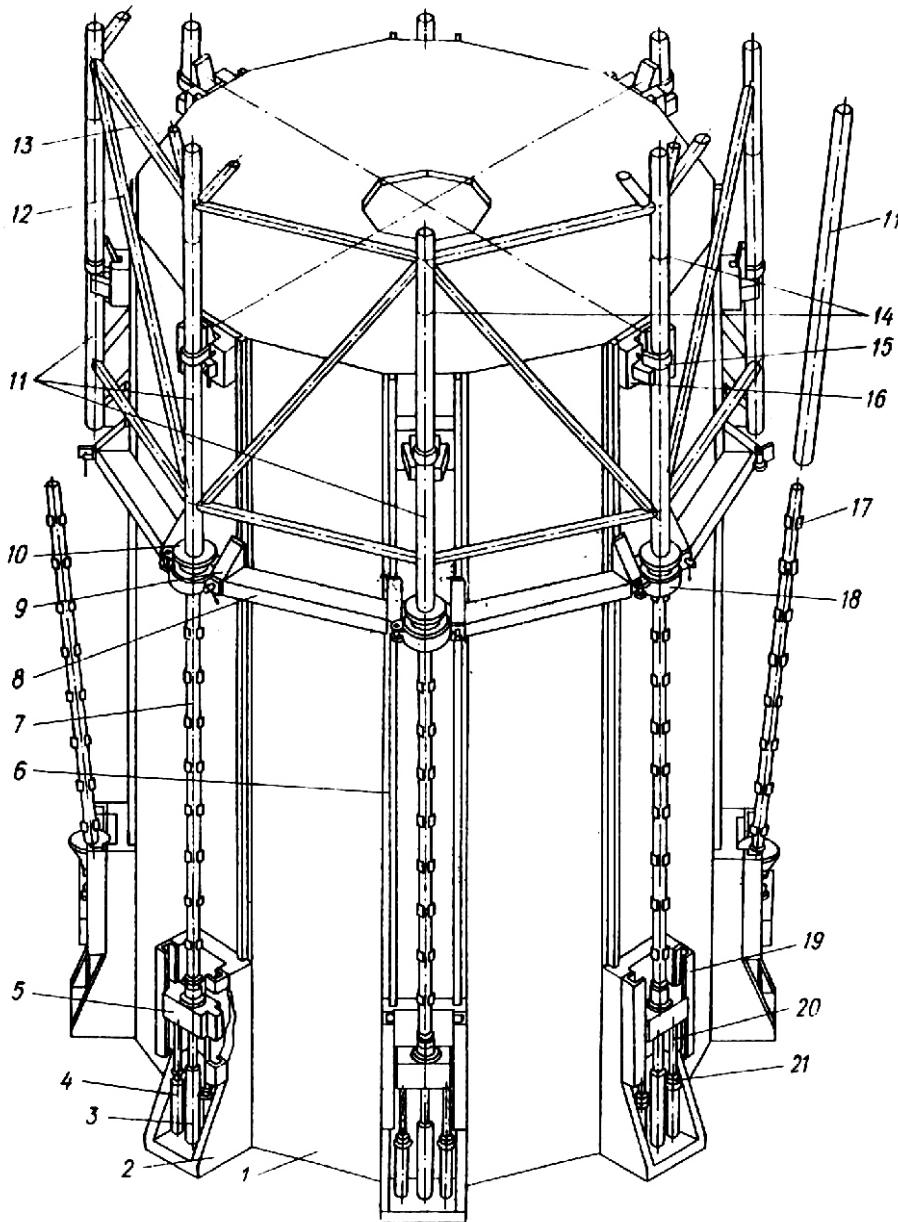


Рис. 9. Принципиальная схема подъемно-сборочного агрегата АПС-8:

- 1 – опора-кондуктор;
- 2 – гидродомкратная установка;
- 3 – гидродомкрат ГД-170/1120;
- 4 – трубчатая стойка;
- 5 – наддомкратная балка;
- 6 – направляющие рельсы;
- 7 – шаговый толкатель;
- 8 – монтажная диафрагма;
- 9 – башмак диафрагмы;
- 10 – втулка-матрица толкателя;
- 11 – трубы поясов ствола;
- 12 – раскос ствола;
- 13 – распорка ствола;
- 14 – кольцевые сварные швы поясов ствола;
- 15 – хомут нижнего направляющего устройства;
- 16 – нижнее рычажное направляющее устройство;
- 17 – верхний боковой упор толкателя;
- 18 – хомут с фаркопами;
- 19 – П-образная направляющая;
- 20 – предохранительный винт;
- 21 – гайка

ма, направляющее устройство для подрачиваемых конструкций при их подъеме и несущая опорная конструкция для восприятия горизонтальных нагрузок при монтаже.

Его максимальная грузоподъемность – 1470 тс при давлении в гидросистеме 330 кгс/см<sup>2</sup>, номинальная грузоподъемность – 1340 тс при давлении в гидросистеме 300 кгс/см<sup>2</sup>.

Подъемно-сборочный агрегат АПС-8 был изготовлен по рабочим чертежам и техническим условиям, разработанным институтом «Укрмонтажоргстрой».

После изготовления узлов агрегата с целью подтверждения их работоспособности и эксплуатационной надежности наиболее ответственные из них были подвергнуты испытаниям в соответствии с разработанными программой и методикой, предусматривающими проведение испытаний в возможно близких к реальным условиям работы узлов агрегата при монтаже башни.

Надійшла 10.07.2013 р.