

А.5. КОМПЛЕКС КАСКАД-60

Общие характеристики комплекса

Назначение

Комплексная скважинная аппаратура диаметром 60-мм предназначена для проведения геофизических исследований открытого ствола вертикальных и наклонно направленных скважин, бурящихся на нефть и газ, заполненных промывочной жидкостью. Небольшой внешний диаметр модулей позволяет комплексу исследовать скважины малого диаметра, а также скважины с осложненным стволом, где доставка приборов в интервал исследований возможна только через буровой инструмент.

Модули рассчитаны на работу с трехжильным геофизическим кабелем длиной до 7000 метров. Связь комплекса с наземным регистратором при передаче команд управления и приеме данных осуществляется в коде «Манчестер».

Технические возможности

Комплекс позволяет за одну спуско-подъемную операцию получить информацию, достаточную для решения следующих задач:

- литологического и стратиграфического расчленения и корреляции разрезов пробуренных скважин;
- выделения в разрезах скважин коллекторов;
- разделения коллекторов на продуктивные и водоносные, а продуктивных коллекторов на газо- и нефтенасыщенные;
- определения положения контактов между пластовыми флюидами (ГНК, ВНК, ГВК), эффективных газо- и нефтенасыщенных толщин, коэффициентов глинистости, пористости, газо- и нефтенасыщенности, проницаемости.

Конструктивное исполнение

Все модули имеют максимальный диаметр - не более 60 мм.

Конструкция модулей предусматривает вертикальную сборку на устье скважины.

Сверху и снизу все модули оснащены унифицированными соединительными узлами, которые позволяют стыковать модули, обеспечивая надежное электрическое и механическое соединение.

Сбор данных от сборки модулей осуществляется с использованием наземного регистрирующего комплекса "КАСКАД".

Обмен данными комплекса с регистратором осуществляется исключительно через модуль ТЛС.

Электромеханические блоки скважинных модулей обеспечивают многократное открытие-закрытие рычагов в скважине. Процесс открытия-закрытия занимает по времени не более 3 минут.

Питание модулей осуществляется переменным током с частотой 50 Гц и напряжением 220В.

Все модули работают в температурном диапазоне от -10°C до +120°C и максимальном давлении до 80 МПа.

Все модули обеспечивают время непрерывной работы не менее 10 часов.

Все модули обеспечивают гарантированное время работы при максимальной температуре - не менее 2 часов.

Все модули хранят свой идентификационный номер и калибровочные данные во внутренней Flash-памяти. Чтение идентификационных записей и калибровочных данных осуществляется в автоматическом режиме после подачи питания на сборку модулей. Модуль ТЛС в процессе исследований, кроме обмена данными с регистратором, также осуществляет запись во встроенную Flash-память всех поступающих данных. Чтение информации из встроенной Flash-памяти выполняется через специальный разъем после подъема комплекса на поверхность.

Все модули изготавливаются и выпускаются по конструкторской документации, разработанной в соответствии с ГОСТ 26116-84.

Комплекс обеспечивает проведение ГИС при следующих условиях:

- диаметр исследуемых скважин: от 85 до 220 мм;
- максимальный радиус искривления ствола скважины диаметром 85 мм: не более 1,5° на 10 м;
- минимальное сопротивление бурового раствора в скважине: не менее 0,02 ом.

Комплектность

В состав комплекса входят скважинные модули:

- модуль телеметрической линии связи;
- технологический модуль с головкой вращения;
- модуль интегрального гамма-каротажа с локатором муфт и термометром-манометром;
- модуль двойного нейтронного каротажа с регистрацией диаметра скважины;
- модуль плотностного гамма-гамма каротажа с регистрацией диаметра скважины;
- модуль двойного бокового каротажа с встроенным каналом ГК;
- модуль компенсированного акустического каротажа;
- модуль четырехзондового индукционного каротажа;
- инклинометр ферромагнитный.

Дополнительная комплектация

Для обеспечения работы комплекса в скважинах и на базе в комплект поставки входит вспомогательное оборудование:

- Комплект технологической оснастки ТОВ-М (для вертикальной сборки модулей на устье скважины);
- Устройство соединительное двухшарнирное (СУ-60) - 2шт;
- Центраторы ЦНТ-76 (ЦНТ-К; ЦНТ-Т) - 2 шт;
- Отклонители съемные – 3 комплекта;
- Блок наземный «КАСКАД-60» с комплектом кабелей;
- Кабель для считывания информации из модуля ТЛС;
- Соединители кабельные «прибор-прибор» (для проверки работы приборов в сборке на базе) – 3 шт;
- Соединитель кабельный «регистратор-прибор» (для проверки работы модулей на базе) – 1 шт;
- Кабельный наконечник НКБ-Т-3-60
- Головка переходная 60х60 (ГП-3-60/3-60) – 1 шт.

Технические характеристики модулей

| Модуль телеметрической линии связи ТЛС-60 | | |
|---|-----------|----------|
| <p>ПРЕДНАЗНАЧЕН для организации работы комплекса приборов при проведении геофизических исследований скважин.</p> | | |
| <p>ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования открытых и обсаженных нефтяных и газовых скважин, заполненных любой промывочной жидкостью.</p> | | |
| <p>РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ обеспечение обмена данными между наземным регистратором и модулями в сборке; ➤ запись всех данных во встроенную Flash-память. | | |
| Напряжение питания модуля (сборки) | 180÷250 В | |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 1320 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 16.4 | не более |

Шифр прибора для заказа: ТЛС-Т-60-120/80

| Модуль технологический ТМ-60 | | |
|--|--------------------|----------------------|
| <p>ПРЕДНАЗНАЧЕН для проведения измерений технологических параметров при работе в сборках.</p> | | |
| <p>ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования открытых и обсаженных нефтяных и газовых скважин, заполненных любой промывочной жидкостью.</p> | | |
| <p>РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ контроль натяжения на кабельной головке и движения приборов в скважине. | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
| Ускорение движения модуля в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, м/с ² | -16 ÷ +16 | 10% |
| Натяжение, кН | 1.0÷30 | 10% |
| Напряжение питания модуля (сборки), В | 180÷250 | 5% |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 215 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 29.3 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 | |
| Скорость каротажа, м/час | до 2000 | |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | свободное | |

Шифр прибора для заказа: ТМ+ГСВ-Т-60-120/80

Модуль комплексный: интегральный гамма-каротаж, активный локатор муфт и термометр-манометр ГК+АЛМ+ТД-60

ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) естественного гамма-излучения горных пород, индикации муфтовых соединений обсадной колонны и измерения температуры и давления по стволу скважины.

ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования открытых и обсаженных нефтяных и газовых скважин, заполненных любой промывочной жидкостью.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:

- корреляция разрезов скважин и литологических изменений;
- детальное литологическое расчленение;
- оценка глинистости;
- определение/уточнение минерального состава пород;
- выявление радиогеохимических аномалий;
- определение температуры пород, геотермического градиента;
- привязка к разрезу муфтовых соединений обсадной колонны.

| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
|---|---|----------------------|
| МЭД естественного гамма-излучения | 0,1÷250 мкР/ч | ±15 % |
| Температура | 5÷120° С | 0.5° С |
| Давление | 1÷80 МПа | 0.5 МПа |
| Показания локатора муфт | Не нормируется | Не нормируется |
| Чувствительность канала ГК, не менее | 400 (имп/мин)/(мкР/час) | |
| Разрешение: <ul style="list-style-type: none"> • по датчику температуры • по датчику давления | 0.006° С 0.002 МПа | |
| Чувствительность локатора муфт | Увеличение уровня сигнала при прохождении муфты не менее чем в пять раз | |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 1780 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 23.4 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Скорость каротажа, м/ч <ul style="list-style-type: none"> • в терригенном разрезе • в карбонатном разрезе | до 800 до 400 | |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | свободное | |

Шифр прибора для заказа: ГК+АЛМ+ТД-Т-60-120/80

| Модуль двойного нейтронного каротажа прижимной 2ННК-60 | | |
|--|--|----------------------|
| ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерения водонасыщенной пористости пород методом компенсированного нейтрон-нейтронного каротажа по тепловым нейтронам – 2ННКт. | | |
| ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования открытых и обсаженных нефтяных и газовых скважин, заполненных любой промывочной жидкостью. | | |
| РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ определение водонасыщенной пористости пластов ➤ корреляция разрезов скважин и литологических изменений; ➤ детальное литологическое расчленение; ➤ выделение газоносных пластов, газожидкостного водонефтяного контакта; ➤ определение коэффициента газонасыщенности. | | |
| Измерительная установка компенсированного нейтрон-нейтронного каротажа содержит камеру для размещения ампульного источника быстрых нейтронов (Pu+Be, с выходом от $5 \cdot 10^6$ до 10^7 н/с) и два гелиевых детектора тепловых нейтронов. | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
| Водонасыщенная пористость по 2ННК, % | 1÷40 | 4.2+2.3(40/Кп-1) |
| Чувствительность зондов ННК, мин-1 | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • ближний зонд • дальний зонд | 30000 2000 | |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 4630 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 55.8 | не более |
| Управление приводом прижимного механизма | многократное, по команде с поверхности | |
| Время раскрытия (закрытия) рычагов, мин | 2 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Скорость каротажа, м/ч | | |
| <ul style="list-style-type: none"> • в терригенном разрезе • в карбонатном разрезе | 250÷400 400÷800 | |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | прижимной | |

Шифр прибора для заказа: 2ННКт-Т-60-120/80

| Модуль плотностного гамма-гамма каротажа прижимной 2ГГКП-60 | | |
|--|--|--|
| ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерения объемной плотности горных пород. | | |
| ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования открытого ствола нефтяных и газовых скважин, заполненных любой промывочной жидкостью (в том числе, с добавками барита, гематита). | | |
| РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ корреляция разрезов скважин и литологических изменений; ➤ детальное литологическое расчленение; ➤ стратиграфические исследования; ➤ определение/уточнение фильтрационно-емкостных свойств; ➤ определение/уточнение минерального состава пород. | | |
| Зондовая установка содержит камеру для размещения ампульного источника гамма-квантов ^{137}Cs (активностью от $6.65 \cdot 10^9$ до $1.28 \cdot 10^{10}$ Бк) и два сцинтилляционных детектора гамма-квантов с ФЭУ с направленной диаграммой чувствительности. | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
| Объемная плотность горных пород, г/см ³ | 1.7÷3.0 | ±1,5 % в диапазоне 1.7÷2.0 г/см ³ ±1,2 % в диапазоне 2.0÷3.0 г/см ³ |
| Скорость счета, не менее: <ul style="list-style-type: none"> • большого зонда на АД0, имп/мин • малого зонда на АД0, имп/мин | 10000 40000 | - - |
| Диаметр скважины, мм | от 80 до 220 | ±5 |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 5220 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 69.9 | не более |
| Управление приводом прижимного механизма | многократное, по команде с поверхности | |
| Время раскрытия (закрытия) рычагов, мин | 2 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Скорость каротажа, м/ч: в терригенном разрезе в карбонатном | до 400 до 300 | |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | прижимной | |

Шифр прибора для заказа: 2ГГКП-Т-60-120/80

Модуль комбинированный двойного бокового каротажа 2БК3/5-60 с встроенным каналом ГК

ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерения кажущегося удельного сопротивления (ρ_k) горных пород, пересеченных бурящейся скважиной, методами стандартного каротажа (КС) и двойного бокового каротажа (БК-3, БК-5), удельного электрического сопротивления (ρ_c) промывочной жидкости (резистивиметр), потенциала самопроизвольной поляризации (ПС), а также для измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) естественного гамма-излучения горных пород.

ПРИМЕНЯЕТСЯ в открытом стволе нефтегазовых скважин, заполненных водной промывочной жидкостью.

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ:

- корреляция разрезов скважин и литологических изменений;
- выделение коллекторов в разрезе нефтегазовых скважин;
- оценка удельного электрического сопротивления пластов;
- оценка насыщенности коллекторов.

| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------------------|
| ρ_k А2.0М0.5N | 0.2÷5000 Ом·м | ±[2.5+0.004(ρ_B/ρ_k -1)]% |
| ρ_k N0.5M2.0A | 0.2÷5000 Ом·м | |
| ρ_k А0.5M2.0N | 0.2÷1000 Ом·м | |
| ρ_k N2.0M0.5A | 0.2÷1000 Ом·м | |
| ρ_k N5.0M0.5A | 0.2÷1000 Ом·м | |
| ρ_k БК-3 | 0.2 ÷20000 Ом·м | ± 5 % |
| ρ_k БК-5 | 0.2 ÷5000 Ом·м | ± 5 % |
| Резистивиметр | 0.03 ÷20 Ом·м | ± [5+0.02(X_B/X -1)]% |
| МЭД естественного гамма-излучения | 0,1÷250 мкР/ч | ±15 % |

ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ

| | | |
|---------------------------------|----------------------------------|----------|
| Длина прибора, мм | | |
| • прибор + СУ-60 | 16080 | не более |
| • прибор | 15050 | |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | | |
| • прибор + СУ-60 | 185 | не более |
| • прибор | 170 | |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Скорость каротажа, м/ч | до 1500 | |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | свободное/отклонители/центраторы | |

Шифр прибора для заказа: 2БК(БК-3+БК-5)+КС+ПС+ГК-Т-60-120/80

| Модуль компенсированного акустического каротажа 4АК-60 | | |
|---|--|--|
| ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерения параметров распространения головных волн и волны по обсадной колонне. | | |
| ПРИМЕНЯЕТСЯ в скважинах с открытым стволом и обсаженных, заполненных жидкостью на водной или нефтяной основе. | | |
| РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ: | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ определение коэффициента пористости и модулей упругости пород в скважинах с открытым стволом; ➤ оценка качества цементирования обсадной колонны. | | |
| Измерительный зонд содержит два излучателя И ₁ , И ₂ и два приёмника П ₁ , П ₂ упругих колебаний, разделённых акустическими изоляторами и размещённых на противоположных концах зонда. Пары излучателей и приёмников образуют две измерительные базы со встречными системами наблюдения – компенсированный зонд. Излучатели – цилиндрические магнестрикционные с основной частотой излучения 20 кГц. Формула зонда – (П ₂ 0.4П ₁ 1.0И ₁ 0.4И ₂). | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
| При измерениях в открытом стволе: <ul style="list-style-type: none"> ● интервальное время продольной волны ● интервальное время поперечной волны ● коэффициент затухания Р-волны При измерениях в обсадной колонне: <ul style="list-style-type: none"> ● коэффициент затухания волны по колонне | 100÷500 мкс/м 100÷500 мкс/м 0÷20 дБ/м 0÷20 дБ/м 20÷30 дБ/м | ±5 мкс/м ±15 мкс/м ±3 дБ/м ±3 дБ/м ±6 дБ/м |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм | 4450 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг | 42.9 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Диаметр исследуемых обсадных колонн, мм | от 89 до 168 | |
| Скорость каротажа, м/ч | 800 | не более |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | центрируется | |

Шифр прибора для заказа: 4АК-Т-60-120/80


| Модуль четырехзондового индукционного каротажа 4ИК-60 | | | | |
|---|------------|--------------------------------------|-----------------|---|
| ПРЕДНАЗНАЧЕН для проведения индукционного каротажа комплексом из четырех разноглубинных зондов с одновременной регистрацией активных и реактивных компонент кажущейся проводимости по каждому зонду. | | | | |
| ПРИМЕНЯЕТСЯ в открытом стволе нефтегазовых скважин, заполненных промывочной жидкостью на водной или нефтяной основе. | | | | |
| РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ: | | | | |
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ выделение коллекторов в разрезе нефтегазовых скважин; ➤ оценка удельного электрического сопротивления пластов; ➤ оценка насыщенности коллекторов. | | | | |
| Прибор содержит четыре трехкатушечных зондов ИК – ЗИ0.3, ЗИ0.5, ЗИ0.85, ЗИ1.26. Все зонды имеют общую приемную катушку, единый измерительный тракт и работают на одной частоте 100 кГц. | | | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | | Диапазон измерений | | Основная погрешность |
| Зонд | Канал | σ_k , мСм/м | ρ_k , Ом·м | $\pm(0.03 \times \sigma_k + 1 \text{ мСм/м})$ |
| ЗИ0.3 | Активный | 3÷2000 | 0.3÷300 | |
| | Реактивный | 3÷1500 | 0.3÷15 | |
| ЗИ0.5 | Активный | 3÷1500 | 0.3÷300 | |
| | Реактивный | 3÷1500 | 0.3÷20 | |
| ЗИ0.85 | Активный | 3÷1000 | 0.3÷300 | |
| | Реактивный | 3÷1000 | 0.3÷30 | |
| ЗИ1.26 | Активный | 3÷500 | 0.6÷300 | |
| | Реактивный | 3÷1000 | 0.3÷35 | |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | | | |
| Длина прибора, мм | | 3130 | | не более |
| Диаметр прибора, мм | | 60 | | не более |
| Общая масса прибора, кг | | 25.4 | | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | | от 85 до 220 | | |
| Скорость каротажа, м/ч | | до 1500 | | |
| Комбинируемость | | транзитный | | |
| Положение в скважине | | свободное/отклонители/ центраторы | | |




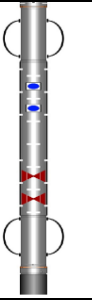

Шифр прибора для заказа: 4ИК-Т-60-120/80




| Инклинометр ферромагнитный ИФМ-60 | | |
|---|--------------------|--|
| ПРЕДНАЗНАЧЕН для измерений в непрерывном режиме азимута и зенитного угла скважины, а также углов поворота корпуса скважинного прибора относительно магнитного меридиана и апсидальной плоскости скважины. | | |
| ПРИМЕНЯЕТСЯ для исследования необсаженных скважин с измерением азимута, зенитного угла и угла поворота, а также для исследования обсаженных скважин с измерением только зенитного угла. | | |
| РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ: <ul style="list-style-type: none"> ➤ определение истинных глубин залегания продуктивных пластов; ➤ контроль направления оси ствола скважины в пространстве в процессе бурения. | | |
| ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ | Диапазон измерений | Основная погрешность |
| Зенитный угол | 0÷120° | ±0.2° |
| Азимут | 0÷360° | ±(0,125/ sinΘ +0.4) ° при 0.5°<DEVI<6.5° и 173.5°<DEVI<179.5° ±1.5° при 6.5°<DEVI<173.5° |
| Диапазон измерения угла положения корпуса скважинного прибора | 0÷360° | ±(0,125/ sinΘ+0.4) ° при 0.5°<DEVI<6.5° и 173.5°<DEVI<179.5° ±1.5° при 6.5°<DEVI<173.5° |
| ОБЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ | | |
| Длина прибора, мм <ul style="list-style-type: none"> • без центратора • с нижним центратором | 1580 2270 | не более |
| Диаметр прибора, мм | 60 | не более |
| Общая масса прибора, кг <ul style="list-style-type: none"> • без центратора • с нижним центратором | 13.8 20.8 | не более |
| Диаметр исследуемых скважин, мм | от 85 до 220 | |
| Скорость каротажа, м/ч | 800 | не более |
| Комбинируемость | транзитный | |
| Положение в скважине | свободное | |






Шифр прибора для заказа: ИФМ-Т-60-120/80




Варианты сборки модулей комплекса КАСКАД-60


| Вариант базовой сборки модулей «Каскад-60» | | | | |
|--|-----------|-----------|------------------------------------|----------|
| | Шифр | Длина (м) | Суммарная длина (м) от низа сборки | Зумпф(м) |
|  | ГП-60 | 0.155 | 43.02 | |
| | ТЛС | 1.32 | 42.865 | |
| | ГСВ | 0.6 | 41.545 | |
| | ТМ | 1.545 | 40.945 | |
| | ГК+АЛМ+ТД | 1.775 | 39.40 | 39.20 |
| | 2ННК-Т | 4.63 | 37.625 | 34.4 |

| | | | | |
|---|--|--------------|---------------|--------------|
|  | <p>2ГГК-II СУ-51/60-T</p> | <p>5.215</p> | <p>32.995</p> | <p>29.75</p> |
|  | <p>Зонд БКЗ СУ-60-T Зонд 2БКЗ/5+ГК+Рез</p> | <p>16.07</p> | <p>27.78</p> | <p>22.5</p> |
|  | <p>СУ-60-T</p> | <p>1.02</p> | <p>11.71</p> | |
|  | <p>4AK</p> | <p>4.45</p> | <p>10.69</p> | <p>9.9</p> |
|  | <p>ЦНТ-60</p> | <p>0.84</p> | <p>6.24</p> | |

| | | | | |
|---|--------------------|------|------|-------|
|  | 4ИК-60-Т-60-120/80 | 3.13 | 5.4 | 4.75 |
|  | ИФМ+ЦНТ | 2.27 | 2.27 | |
|  | | | | |
| Общая длина сборки модулей: | | | | 43.02 |
| Зумпф: | | | | 39.20 |

| Вариант сборки модулей «Каскад-60» с минимальным количеством соединительных устройств и центраторов | | | | |
|--|---------------------|-----------|--|-----------|
| | Шифр | Длина (м) | Суммарная длина (м) от низа сборки | Зумпф (м) |
|  | ГП-60-120/80 | 0.155 | 39.45 | |
|  | ТЛС-60-120/80 | 1.32 | 39.295 | |
|  | ГСВ-60-120/80 | 0.6 | 37.975 | |
|  | ТМ-60-120/80 | 1.545 | 37.375 | |
|  | ГК+АЛМ+ТД-60-120/80 | 1.775 | 35.83 | 35.65 |

| | | | | |
|---|----------------------------|-------|--------|-------|
|  | 2ННК-Т-60-120/80 | 4.63 | 34.055 | 30.85 |
|  | 2ГГКП-Т-60-120/80 | 5.215 | 29.425 | 26.2 |
|  | 2БК(БК-3+БК-5)-Т-60-120/80 | 15.05 | 24.21 | 19.0 |

| | | | | |
|---|--------------------|------|------|-------|
|  | 4AK-60-T-60-120/80 | 4.45 | 9.16 | 8.35 |
| | 4ИК-60-T-60-120/80 | 3.13 | 4.71 | 4.10 |
| | ИФМ-Т-60-120/80 | 1.58 | 1.58 | |
| Общая длина сборки модулей: | | | | 39.45 |
| Зумпф: | | | | 35.60 |