ГЛАВА 5
КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЛОКОВ РАП

РАП оснащается следующими системами:

- гидросистемой в составе гидростанции и системы трубопроводов к МГП-ам, контроллера регулирования числа оборотов гидронасоса, бака с гидрожидкостью, электроуправляемых вентилей отключения участков сети, дросселей;
- системой электропитания в составе двух аккумуляторных батарей, контроллера электропитания и интегрированной сетью преобразователей типа DC/DC к каждому функциональному блоку и СУ МГП-а;
- системой аварийной вертикальной стабилизации РАП в составе пневмосистемы с шестью форсунками, аккумулятором воздуха или газа, электронной системы определения наклонов корпуса;
- системой видеонаблюдения в составе двух камер в шлеме и четырех ПЗС-камер на манипуляторах рук и ног, процессором обработки изображений;
- система измерения расстояний на базе УЗИ и с помощью телекамер, управляемых ЭШД и лазером;
- системой навигации на базе приемника навигационной системы GPS с определением местонахождения РАП и планировании маршрута;
- системой передвижения методом двуного шагания манипуляторами ног в составе десяти МГП-ов, двух стоп и электронной системы управления на базе цифрового сигнального процессора;
- системой манипуляции предметами и инструментом в составе двух манипуляторов рук с захватами состоящих из 14 МГП-ов с собственной микропроцессорной системой и управлением манипуляторами на базе цифрового сигнального процессора.

ГИДРОСИСТЕМА

Вопрос гидропитания РАП состоит в том, что неоходимо питать рабочей гидрожидкостью 26 МГП-ов и из этого число одновременно должны будут работать от двух до шести МГП-ов.

Производительность гидронасоса должна быть не менее 10 … 30 л/мин. при давлении до 2 МПа с изменением числа оборотов.

Такой расчет вытекает из следующих соображений.

Известно, что РАП состоит из пяти манипуляторов: двух манипуляторов рук, двух манипуляторов ног, одного манипулятора головной телекамеры.

Общее количество МГП-ов 26, из которых с объемом масла в цилиндре равном 0,5 л и 8 с объемом масла в цилиндре 0,3 л. Общее количество масла в МГП-ах будет равно:

$$V = 16 \cdot 0{,}5 + 8 \cdot 0{,}3 = 10{,}4 \text{л}.$$

С учетом заполнения трубопроводов это может составить V = 12 литров.

Если принять, что МГП будет отрабатывать свой предельный угол поворота в 100 градусов за 2 секунды, а одновременно будут работать два МГП, тогда в секунду гидростанция должна подавать 0,5 л/с или 30 л/мин при давлении 1 … 2 МПа.

Существующая силовая электроника позволяет выполнить изменение числа оборотов гидронасоса в широких пределах производительности с помощью ШИМ преобразователей.

Однако гидробак, гидронасос, преобразователь ШИМ могут занимать до половины объема корпуса РАП. В этом случае необходимо все электронные системы управления выполнить минимальных размеров.

Для расчета падения давления в гидросистеме РАП приведем гидравлическую схему РАП (рис. 5.1).

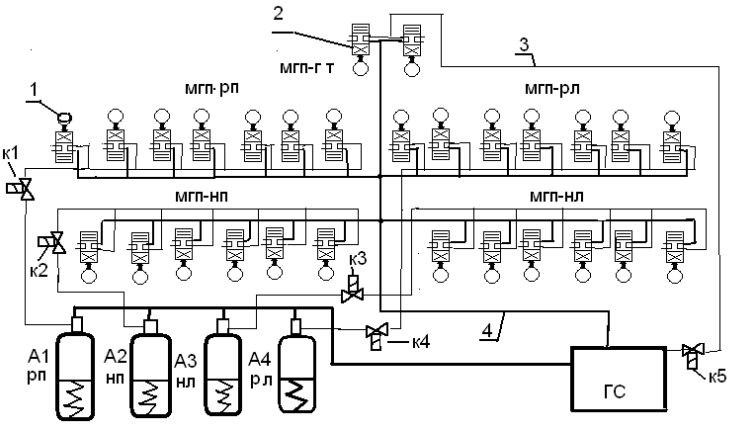

Рис. 5.1. Полная гидросхема РАП:

1 – ЭШД управления распределителем МГП, 2 – распределитель МГП, 3 – напорная магистраль, 4 – магистраль слива гидрожидкости, К1-К5 – вентили подключения групп МГП-ов манипуляторов, МГП-гт – МГП-а манипулятора головной телекамеры, МГП-рп, МГП-рл, МГП-нп, МГП-нл – распределители МГП-ов манипуляторов руки правой и левой, манипуляторов ноги правой и левой, ГС – гидростанция

Полная гидросхема РАП содержит пять ветвей, в каждой из которых содержится от двух до семи приемников (МГП-ов). Подачу напорной гидрожидкости в одну из двух камер МГП определяет распределитель, управляемый ЭШД, направление вращения которого определяется программой микроконтроллера. Каждая ветвь гидросистемы РАП может быть отключена с целью увеличения скорости работы оставшегося не отключенным манипулятора. Необходимость такого отключения определяется программой управления. Самый привлекательный вариант такой, когда работает один манипулятор руки, выполняя нужные операции, а другие манипуляторы отключены от ГС. При этом варианте достигается максимальная скорость работы МГП-ов.

При перемещении РАП с помощью манипуляторов ног возможен вариант работы только двух манипуляторов ног, а остальные будут отключены. Таким образом управление вентилями К1 … К5 позволяет повысить манипуляционные возможности РАП и повысить возможности ГС.

Гидросхема содержит четыре гидроаккумулятора А1 … А4, подключенные к каждому манипулятору рук и ног, которые обеспечивают достаточное давление гидрожидкости при работе МГП, при этом можно уменьшить подачу гидронасоса, кроме этого аккумулятор сглаживает пульсации давления нагнетания, обеспечивая равномерное движение МГП.

В макетном образце аккумуляторы расположены с двух сторон корпуса РАП и имею такие размеры: диаметр $D_в$ = 95 мм и высоту H = 529 мм, давление p = 2 МПа, масса гидрожидкости 7 литров. Возможен вариант ограничиться двумя гидроаккумуляторами, а два других использовать для хранения воздуха к форсункам вертикальной стабилизации.

Также возможен вариант гидросистемы, где слив отработанной гидрожидкости сливается не по своему трубопроводу, в зарубашечное пространство и возвращается в бак ГС с помощью насосов сбора протечек. В этом случае необходимо увеличить мощность насосов сбора протечек и установить для них постоянный режим работы, что связанно с определенными трудностями очистки.

Расчет потерь давления в нагнетающей магистрали проведем в следующей последовательности:

1. Определим длины трубопроводов к каждому манипулятору.

2. По справочнику установим сопротивления золотника распределителя, вентилей, дросселей (не показан на схеме), сечение трубопровода, винтообразных изгибов трубопроводов.

3. Вычислим падение давления к каждому МГП-у от своего гидроаккумулятора.

4. Подберем оптимальные сечения трубопроводов в МГП-ов.

5. Определим желаемые производительности гидростанции при одновременной работе от одного до трех МГП-ов.

Так как гидросистема РАП содержит ответвления на МГП-а, то ее нужно отнести к сложному трубопроводу с концевой раздачей, расчет которого производится с помощью системы уравнений, которые устанавливают функциональные связи между параметрами, характеризующими потоки гидрожидкости в трубах. Система уравнений баланса расходов для каждого узла и уравнений баланса напоров (уравнений Бернули) для каждой ветви трубопровода. При расчете пренебрегаем скоростными напорами и местными напорами в узлах.

Потери напора в трубах выражаются формулой (5):

$$\Delta p = 0{,}0827\lambda_i(L_i/d_i)Q_i^2,$$

где L_i – длина напорного трубопровода манипулятора;

d_i – диаметр напорного трубопровода;

λ_i – коэффициент сопротивления трения;

Q_i – расход гидрожидкости по трубопроводу.

Перед каждым МГП установлен регулируемый дроссель, расход через который определим по формуле:

$$Q_p = \mu S_d \sqrt{\frac{2\Delta p_н}{\rho}},$$

где μ – коэффициен расхода;

S_d – сечение отверстия дросселя;

$\Delta p_н$ – разность давлений в камерах МГП;

$\rho = 850$ кг/м^3 – плотность гидрожидкости.

ПРИМЕР 1

Определить необходимое давление нагнетания ГС и падение давления гидрожидкости после каждого МГП манипуляторов руки и ноги.

У гидрораспределителя МГП лыска золотника перекрывает входное отверстие диаметром 3 мм. Расход через входное отверстие можно определить по формуле регулируемого дросселя, у которого изменяется площадь сечения S_d пропорционально перемещению золотника.

При полном открытии входного отверстия в распределителе, сечение отверстия будет:

$$S_{d1} = 3{,}14\ 3^2/4 = 7{,}065\ 10^{-6}\ м^2,$$

тогда расход составит:

$$Q_p = 0{,}8 \cdot 7{,}065 \cdot 10^{-6}\sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^6}{850}} = 0{,}38\ л/с.$$

Объем рабочей камеры МГП с внутренним диаметром 80 мм и длиной 70 мм с углом поворота 100 градусов составляет примерно 0,083 литра.

Для заполнения рабочей камеры МГП $V_к$ = 0,083 л на полный поворот до 100 градусов понадобится время:

$$T_1 = 0{,}083/0{,}38 = 0{,}2 \text{ с.}$$

Такая скорость наполнения рабочей камеры практически невозможна, т. к. будет иметь месть противодавление, создаваемое силами трения и нагрузкой на МГП.

Пусть противодавление будет p_0 = 1 МПа, тогда Δp = 2 – 1 = 1 МПа.

В этом случае ГЖ через отверстие гильза-золотник будет равно:

$$Q_р = 0{,}8 \cdot 7{,}065 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{850}} = 0{,}27 \text{ л/с,}$$

и тогда время отработки МГП-ом 100 градусов будет равно:

$$T_2 = 0.083/0{,}27 = 0{,}3 \text{ с.}$$

По рекомендации [1, с. 32] потери давления на местных сопротивлениях и по длине трубопровода не должны превышать 30 % от давления на выходе ГС.

Возле каждого МГП подсоединен участок винтового нагнетающего трубопровода, обеспечивающий свободное вращение МГП. Наружный диаметр винтового трубопровода равен 8 мм при внутреннем диаметре трубки 4 мм и толщине стенки 2 мм (материал полипропилен с нитяной основой). Длина участка винтового трубопровода при шаге винтовой линии 12 мм равна 100 мм, а при растянутом трубопроводе длина равна 200 мм.

Длина выпрямленного винтового трубопровода составляет 300 мм. Винтовых участков трубопровода шесть с общей длиной 1,8 м. С учетом невитых участков общую длину нагнетающего трубопровода манипулятора руки принимаем равной 2 метрам. Для манипулятора ноги нагнетающий трубопровод – длиной 1,5 м тем же диаметром.

Расчет ведем для варианта турбулентного потока в трубопроводе и удвоенной длине с учетом винтовых участков.

Расчетная формула:

$$\Delta p = 0{,}29 L Q^2 / d^5,$$

где L – расчетная длина трубопровода в метрах;

Q – расход в л/мин;

d – внутренний диаметр трубопровода в мм;

Δp – потеря давления в кГ\см^2.

Потеря давления зависит от числа одновременно работающих МГП-ов, а также от их расположения по длине манипулятора, нагрузки на манипулятор и многих других факторов. Поэтому приведенные расчеты падения давления весьма приблизительны и характеризуют только принципиальную сторону.

$$\Delta p = 0{,}29 \cdot 4 \cdot 5^2/4^2 = 0{,}29 \cdot 4 \cdot 25/1024 = 0{,}3 \text{ кГ/см}^2 = 0{,}03 \text{ МПа.}$$

Здесь принята работа одного МГП с расходом Q = 0,083 · 60 = 5 л/мин.

Из приведенных ориентировочных расчетов можно сделать вывод, что предложенная гидравлическая схема питания МГП-ов РАП вполне может быть работоспособной.

При использовании стационарной ГС гибкий шланг от ГС к РАП должен быть большего проходного сечения.

СТЕНД ИСПЫТАНИЯ МГП-ов

Стенд для испытания МГП-ов (рис. 5.2) содержит следующие компоненты: гидростанцию типа НБР-1, 6И20-1, стеллаж для крепления МГП-а и нагрузки на привод Н, блока питания БП и четыре ключа для набора кода для управления ЭШД распределителя, гидроаккумулятора Ак, индуктосина И для измерения угла поворота МГП-а, электронной схемы индуктосина в составе квадратурного генератора КГ, аналого-цифрового преобразователя АЦП и цифрового индикатора ЦИ.

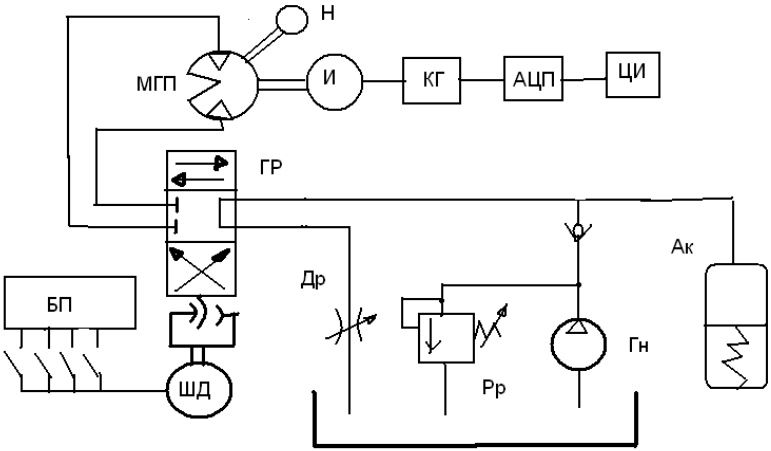

Рис. 5.2. Схема стенда для испытания МГП-ов:
МГП – модульный гидропривод, ГР – гидрораспределитель МГП, Гн – гидронасос, Рр – регулятор давления гидрожидкости, ШД – шаговый двигатель, БП – блок питания ШД, Др – дросель, Ак – гидроаккумулятор, Н – нагрузка МГП, И – индуктосин, КГ – квадратурный генератор питания индуктосина, АЦП – аналого-цифровой преобразователь индуктосина, ЦИ – цифровой индикатор индуктосина

Кратная программа испытания МГП-а.

1. Отработать методику управления ЭШД с помощью кодовых ключей БП.

2. Определить величины перемещения золотника в распределителе при различном угле повороте ЭШД и построить график зависимости угол поворота-перемещение.

3. Отработать методику определения скорости перемещения МГП-а при различных нагрузках и построить график зависимости перемещения золотника – скорость.

4. Определить момент вращения МГП-а при изменении давления.

5. Определить величину протечек гидрожидкости при остановленном МГП-е.

СХЕМА СБОРА ПРОТЕЧЕК ГИДРОЖИДКОСТИ

Сбор протечек от МГП-ов манипуляторов производится из района стоп манипуляторов ног. Для удаления протечек манипулятор рук производится периодическая их установка в вертикальное положение, при котором протечки самотеком перемещаются в манипуляторы ног. Все протечки сосредотачиваются в пустотах между конструкциями МГП-ов и рубашкой гибкого скафандра. Схема сбора протечек представлена на рис. 5.3.

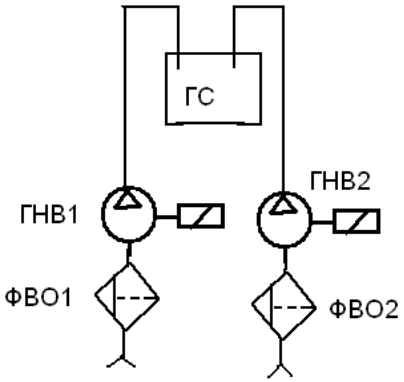

Рис. 5.3. Схема сбора протечек МГП-ов:
ГНВ1, ГНВ2 – гидронасос вибрационный сбора протечек гидрожидкости правой и левой стопы, ФВО1, ФВО2 – фильтры гидрожидкости.

Схема сбора протечек состоит из двух миниатюрных вибрационных насосов, расположенных в стопах РАП, двух фильтров грудой и тонкой очистки, двух дегазаторов, двух трубопроводов от насосов в бак ГС.

Схема сбора протечек периодически включается микроконтроллерной системой управления манипуляторов ног.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Интегрированная система электропитания РАП рассредоточена, т. е. каждый МГП имеет свой преобразователь питания для управления микроконтроллерной системой управления, свой блок питания индуктосином и драйвер ЭШД. Рассредоточенные БП получают питание от общего источника электропитания, оснащенного двумя аккумуляторными батареями или от отдельно стоящей мини-электростанции с приводом от ДВС, или от розетки системы электропитания помещения. Таким образом, каждый МГП должен иметь электропитание стабилизированное + 5 В (для микроконтроллера), двухполярное питание + 12 В и – 12 В (для индуктосина). ЭШД питается через драйвер импульсами + 7 В. Все три источника электропитания расположены на общей плате БП.

Схема электропитания РАП (рис. 5.4) состоит из следующих компонентов.

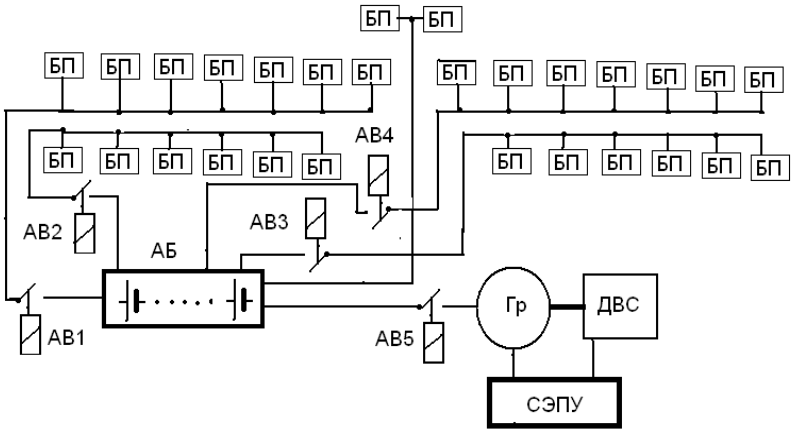

Рис. 5.4. Общая схема электропитания:
БП – стабилизаторы электропитания МГП-ов, АБ – аккумуляторная батарея, Гр – электрогенератор, ДВС – двигатель внутреннего сгорания, АВ1 … АВ5 – автоматические выключатели питания режима ожидания и резервирования, СЭПУ – блок системы электропитания и управления в составе понижающего трансформатора, выпрямителя фильтра, системы управления ДВС и системы управления Гр

СЭПУ – система управления электропитанием на базе микроконтроллеров обеспечивает пуск, управление, остановку и диагностику всей системы электропитания.

КОНСТРУКЦИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

РАП снабжается двумя аккумуляторными навесными батареями. Крепятся батареи поверх скафандра и системой электропитания соединяются кабелем с разъемом для быстрой замены.

Две батареи обеспечивают работу РАП не менее двух часов. Одна батарея (на спине) предназначена для питания гидронасоса, находящегося в корпусе, а вторая (на груди) – для питания всех функциональных блоков управления.

Кроме того, некоторые электронные схемы имеют свои индивидуальные батареи: приемник системы навигации GPS, схема SOS.

На рис. 5.5 показан общий вид навесной батареи для питания функциональных блоков и батареи для питания гидронасоса, встроенной в корпус гидростанции.

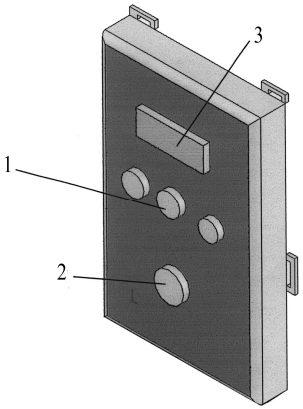

Рис. 5.5. Аккумуляторная (ранцевая) батарея для питания функциональных блоков РАП (расположена впереди, емкость 100 Ач):
1 – сенсоры радиации, давления, приближения; 2 – светильник; 3 – табло информации

Аккумуляторные батареи имеют свои блоки подзаряда от наружного источника и контроль степени разряда с сигнализацией.

Возможен вариант смены аккумуляторных батарей после разряда с помощью второго РАП.

ВЕНТИЛЯЦИЯ И ОХЛАЖДЕНИЕ РАП

Вентиляция и охлаждение внутрикорпусных систем РАП: кассет с печатными платами, блоков питания, бака с гидрожидкостью, электронасоса

показано на рис. 5.6, где входное и выходное отверстие с вентилятором и фильтром расположено в шлеме (1, 2), входной и выходной каналы (3, 4), блок с кассетами (5), бак с гидрожидкостью (6), электронасос (7), трубчатый охладитель гидрожидкости (8). Кроме того, блоки электропитания и бак с гидрожидкостью имеют дополнительные вентиляторы охлаждения.

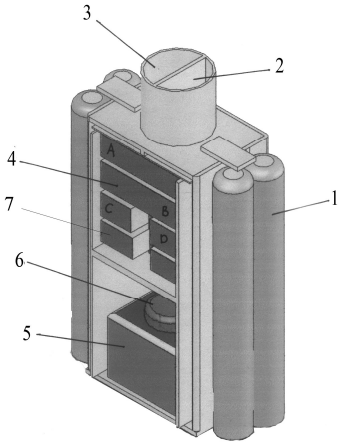

Рис. 5.6. Корпус РАП:
1 – гидроаккумуляторы; 2 – воздушный канал выхода воздуха вентиляции корпуса; 3 – воздушный канал входа охлаждающего воздуха корпуса; 4 – печатные платы систем управления; 5 – бак с гидрожидкостью; 6 – гидронасос; 7 – место установки сенсора стабилизации

Бак с гидрожидкостью имеет оребрение и внутривоздушный теплообменник, а также утопленный в гидрожидкость электронасос создания давления гидрожидкости в гидросистеме РАП.

Фирма «SUNON» производит на рынок вентиляторы охлаждения электронных блоков двух серий: GB размером: 35×35×4,8 мм, 35×35×6 мм, 35×35×7 мм, 40×40×7 мм, 40×40×9 мм, 45×45×7 мм, 45×45×9 мм и серии микро-«трубач» с размерами: 25×25×10 мм, 30×30×10 мм, 35×35×4,8 мм, 35×35×6 мм, 35×35×7 мм, 45×45×9 мм. В корпусах из алюминия и пластмассы.

На рис. 5.7 приведена схема вентиляции корпуса РАП.

Приведенная открытая схема вентиляции корпуса приемлема только для РАП наземного варианта, например, РАП-О. Для РАП-В, РАП-АЭС РАП-К, РАП-Ш, РАП-П имеет иную конструкцию. Например, для

РАП-АЭС возле всасывающего вентилятора устанавливается специальный фильтр для улавливания микрочастиц (радиация или воздух забирается из-под скафандра). Для РАП-В воздух охлаждения забирается из пространства скафандра. Для РАП-К охлаждение имеет замкнутую систему. Для РАП-П воздух забирается из-под скафандра или устанавливается дополнительно электрический охладитель.

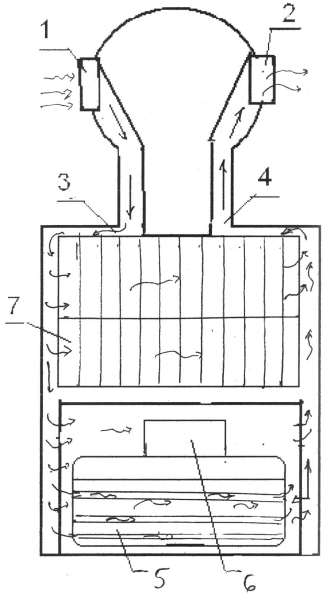

Рис. 5.7. Схема вентиляции в корпусе РАП:
1, 2 – всасывающий и нагнетающий вентиляторы; 3, 4 – всасывающий и нагнетающий каналы; 5 – бак с гидрожидкостью; 6 – электронасос гидрожидкости; 7 – отсек с кассетами печатных плат систем управления РАП

КОРПУС РАП

В зависимости от модификации РАП состав кассет с печатными платами может существенно изменяться. Для РАП, предназначенного для работы на АЭС или работы на поверхности земли или в помещении, состав блоков может быть таким:

А1, А10 – кассеты с ЭСУ и электроклапанами вертикальной стабилизации корпуса РАП;

А3, А4 – ЦСП1 – обработки видеоинформации от телекамер;

A5, A6 – кассета супервизорного управления;
A7 – кассета измерения расстояний;
A8 – кассета с модемами;
A9 – кассета микрофонов и речевого управления;
A2 – кассета управления вентиляторами корпуса;
B1, B2 – кассеты управления манипуляторами рук правой и левой;
B3, B4 – кассеты управления манипуляторами ног правой и левой;
B5 – кассета резервная;
B6 – кассета управления лазером;
B7 – кассета управления стопами;
B8 – кассета управления схватами,
B9 – кассета резервная;
B10 – резервная кассета;
C1 … C6 – кассеты с БП видеокамер и сопроцессоров к ним;
C7 … C10 – кассеты БП УЗ дальномеров;
D1 … D3 – кассеты управления электростанцией ДВС и интегрированной системой электропитания;
D3, D4 – кассеты с БП ЦСП1…6;
D5 … D8 – кассеты управления БП манипулятор рук и ног;
D9, D10 – кассеты БП инструментами.

Предложенное распределение кассет может быть иным, особенно с учетом модификации РАП.

Можно изменить стандарт кассет с печатными платами, тогда количество кассет с печатными платами также изменится.

УСТРОЙСТВО ШЛЕМА

Головной шлем содержит внутри две телекамеры, приемопередатчик телеуправления, микрофоны и вентиляторы надува и отсоса воздуха из корпуса РАП.

Общий вид шлема представлен на рис. 5.8.

Две видеокамеры установлены на ЭШД и имеют возможность осуществлять вращение в горизонтальной плоскости на угол 45° в обоих направлениях и с помощью МГПШ вращаться в вертикальной плоскости на угол 100°.

Возможность телекамер вращаться независимо друг от друга в горизонтальной плоскости позволяет осуществлять вычисление расстояний до предмета обзора при совмещении картинок на мониторе.

Такое совмещение осуществляется по пятну лазерного луча, которое указывает точку расчета движений манипуляторов рук, а также расстояние подхода манипуляторов ног.

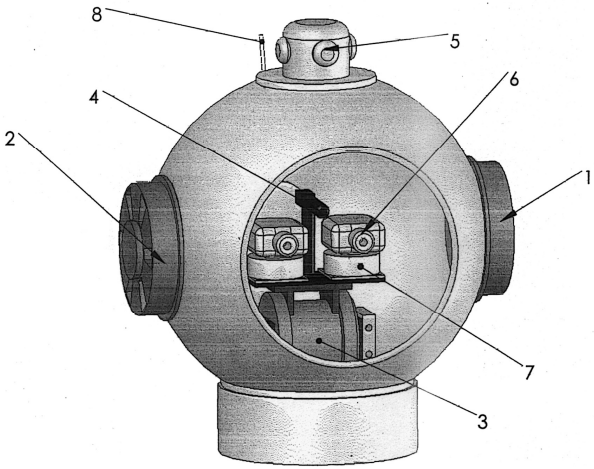

Рис. 5.8. Шлем РАП:
1 – вентилятор отсоса воздуха охлаждения РАП; 2 – вентилятор нагнетания воздуха охлаждения РАП; 3 – МГПШ поворота камер в вертикальной плоскости; 4 – лазер точки отсчета расстояния; 5 – четыре направленные по сторонам света микрофона; 6 – телекамеры обзора; 7 – ЭШД вращения телекамеры в горизонтальной плоскости с индуктосином определения угла поворота; 8 – антенна

Приемопередатчик осуществляет телеуправление манипуляторами рук и ног РАП в режиме супервизорного управления оператором, а также корректировку при автоматическом режиме. Через антенну РАП производится передача изображений телекамер оператору.

Микрофоны обеспечивают прослушивание внешних звуковых сигналов окружающей обстановки и прием речевых команд.

Вентиляторы охлаждения корпуса РАП обеспечивают подачу наружного воздуха к блокам управления внутри корпуса и воздушное охлаждение бака с гидрожидкостью и гидронасоса.

При необходимости на шлеме устанавливается шахтерский осветитель.

СХВАТ РУКИ

Схвата манипулятора руки РАП, предназначенного для захвата предметов и инструмента в процессе выполнения работы. Схват трехпалый, на пальцах которого с внутренней стороны вмонтированы тактильные сенсоры подающие сигналы о захвате предмета. Пальцы схвата имеют максимальный угол развода 100°, что обеспечивает возможность захвата широкой номенелатуры предметов.

Присоединение схвата к манипулятору руки выполнено быстросъемным соединением, позволяющим быстро заменять схват на резервный и на схват другой конструкции.

Пальцы схвата эластичные, имеющие внутри стержни из металла покрытые губчатой резиной. Имеется возможность заменять пальцы схвата на две губки или другие конструкции пальцев, в том числе и на четырехпальцевые.

Для определения силы захвата в пальцах установлены силомоментные сенсоры, определяющие силу давления на предмет.

На схвате установлен ультразвуковой измеритель расстояния до предмета захвата.

МГПШ и МГПР помогают схвату осуществлять поворот в вертикальной и горизонтальной плоскости.

Общий вид схвата показан на рис. 5.9.

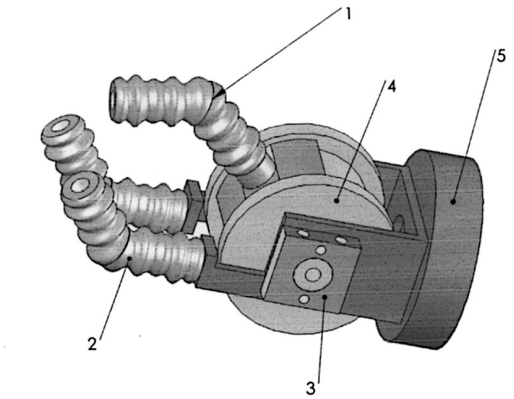

Рис. 5.9. Схват манипуляторов рук РАП:
1 – подвижный палец с тактильными сенсорами; 2 – неподвижные два пальца с тактильными и силомоментными сенсорами; 3 – устройство подвода гидрожидкости в МГПШ; 4 – гидроцилиндр; 5 – слитая СУ МГП

СТОПА НОГИ

Стопа ноги имеет внутри такие устройства: вибрационный насос перекачки в бак протечек гидрожидкости, тактильные сенсоры с выходом на подошву в количестве четырех штук, ультразвуковой измеритель расстояния от подошвы к поверхности пола перемещения. В случае перемещения по металлическому полу устанавливаются дополнительно электромагнитные или воздушные присоски.

Общий вид стопы РАП показан на рис. 5.10. Приводом стопы является МГПШ, обеспечивающий поворот стопы в вертикальной плоскости на угол 100°. Для поворота стопы в горизонтальной плоскости используется МГПР на угол 100°. Соединение стопы к манипулятору выполнено быстросъемной конструкцией, позволяющей заменять поврежденную стопу на новую запасную или ставить стопу другой конструкции.

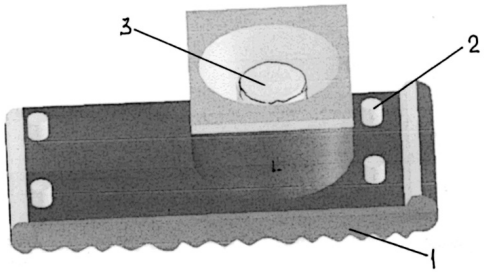

Рис. 5.10. Общий вид стопы РАП:
1 – гофрированная поверхность стопы; 2 – тактильные сенсоры; 3 – насос сбора протечек гидрожидкости

ПНЕВМОСХЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ РАП

Опрокидывание РАП возможно в случае воздействия внешних сил: толчка, порыва ветра, непредвиденных нагрузок на манипуляторы рук, сбоев работы манипуляторов ног.

Вертикальная стабилизация РАП осуществляется двумя способами: изменением положения манипуляторов рук и ног, направленных на удержание от падения и системой аварийной стабилизации с помощью воздушных форсунок, установленных на каждом плече РАП.

Оценка угла бокового наклона и тангажа оценивается с помощью специальных датчиков – пьезокерамических электронных гироскопов марки ENC – 03J или ENC – 03M производства фирмы «Murata» (Япония), информацию о которых можно найти на сайте изготовителя www.murata.com.

Пьезокерамические электронные гироскопы закреплены в специальной оправке в корпусе РАП, где расположен центр масс с возможностью одного бокового отклонения и тангажа по четырем сторонам света в вертикальных плоскостях. При этом гироскоп, отклоняющийся вправо, управляет форсунками левого плеча, гироскоп левый управляет форсунками правого плеча. Аналогично осуществляется управлением форсунок тангажа. Гироскоп имеет возможность отклоняться только в одну сторону, и закреплен на шарнире.

При тангаже РАП работают две форсунки, каждая от своей электронной системы. Эти форсунки могут также использоваться для поворота лежачего на «животе» или на «спине» РАП.

Управление форсунками и датчиками-гироскопами осуществляется от своего микроконтроллера, схема которого рассмотрена в следующей главе.

Пневматическая схема стабилизации РАП показана на рис. 5.11.

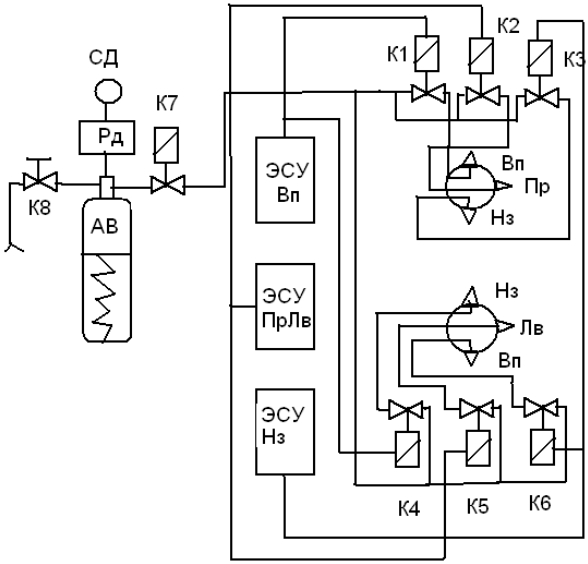

Рис. 5.11. Пневмосхема вертикальной стабилизации РАП:
АВ – аккумулятор воздуха под высоким давлением, К8 – вентиль зарядки аккумулятора, Рд – дедуктор пониженного давления, СД – сенсор давления воздуха в аккумуляторе и на выходе, К1…К6 – электроклапаны подачи воздуха на форсунки, К7 – общая подача воздуха от аккумулятора, ЭСУ – электронная система управления электроклапанами, Нз – форсунки подачи воздуха назад РАП, Вп – форсунки подачи воздуха вперед, Пр, Лв – подача воздуха вправо/влево

Сенсоры наклона корпуса РАП смонтированы в двух капсулах: одна капсула реагирует на наклоны вправо-влево, другая капсула реагирует на наклоны вперед-назад. Капсула содержит два маятника, на каждом из которых вмонтирован сенсор наклона. Одна капсула выдает сигналы угла наклона по оси X, другая по оси Y. Капсулы установлены в центре масс РАП либо параллельно по оси X, либо по оси Z одна над одной. Импульсы сенсоров передаются на свою электронную схему управления клапаном подачи давления воздуха на форсунку.