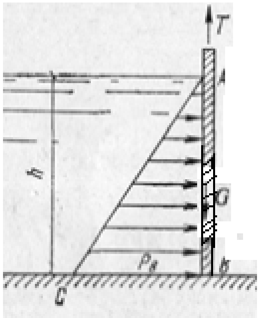
Контактно пройти по времени расписания по сылке в 9.00

http://disrm1.zabgu.ru/b/etg-43d-fd4



Пример. Определить силу суммарного давления воды на плоский щит, перекрывающий канал, и усилие, которое необходимо приложить для подъема щита. Ширина канала b=1,8 м, глубина воды в нем h=2,2 м. Вес щита G=15кН. Коэфициент трения щита по опорам f=0.25.

Решение: Силу суммарного давления на щит определим по формулам: $F = \rho g h_c\, S = \rho g (\frac{h}{2}) h \cdot b$.

Построим эпюру избыточного давления. В точке В гидростатическое давление $p_в = \rho g h$.

Отложим от точки В в направлении, перпендикулярном щиту, величину $p_в$ (со стороны действия давления) и соединим начало полученного вектора (точку с) с точкой А.. Полученный треугольник АВС – эпюра гидростатического давления.

$$F = \rho g h_c\, S = \rho g \left(\frac{h}{2}\right) h \cdot b = 1000 \cdot 9.81 \cdot 2.2^2 \cdot \frac{1.8}{2} = 42.6 \cdot 10^3 = 42.6 \text{ кН.}$$

Усилие, необходимое для поднятие щита находим из уравнения проекции сил на вертикальную ось:

$$\sum Y_i = 0;\ T - G - F_{тр} = 0$$

Тогда $T = G + F_{тр}$; $F_{тр}$=f·F: T=G+ f·F=15+0.25·42.6=26.6 kH/

Квадратное отверстие со стороной h=1,0 м в вертикальной стенке резервуара закрыто плоским щитом. Щит закрывается грузом массой m на плече x=1,5 м (рис. 12). Определить величину массы груза, необходимую для удержания глубины воды в резервуаре H=3.5 м, если известна величина a=1,0 м. Построить эпюру гидростатического давления на щит.

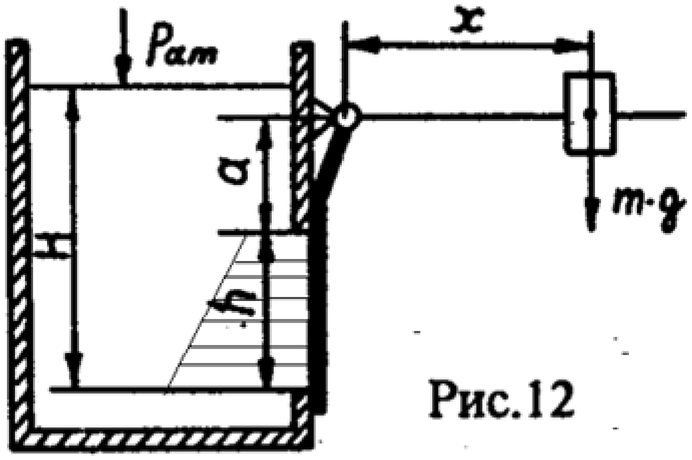


Рис.12

Решение: Для удержания массы груза необходимо записать уравнение равновесие щита, которое будет представлять уравнение моментов, так как щит может совершать только поворотное движение

$\sum \mathrm{M_O}(F_i) = 0; \ -Gx + F_Ж \cdot l = 0$ или $F_Ж \cdot l = mgx$

.где $\mathrm{F_ж}$ сила давления воды, а l - плечо этой силы относительно оси поворота.

Сила давления воды: $F_ж = \rho g \left(\mathrm{H} - \frac{h}{2}\right) h^2 = 1000 \cdot 9.8(3.5 - 0.5)1 = 29400$ Н.

Точка приложения этой силы относительно свободной поверхности воды в резервуаре:

$$h_д = \left((\mathrm{H} - h) + \frac{h[3(H-h) + 2h]}{3[2(H-h) + h]} = (3.5 - 1) + \frac{1[3(3.5-1) + 2]}{3[2(3.5-1) + 1]}\right) = 3.027 \text{ м.}$$

а плечо силы $\mathrm{F_ж}$ определится следующим образом:

$$\mathrm{l = a + h - (H - h_д) = a + h + h_д - H =}$$

=1+1+3,027-3,5=1,527 м.

Из начального уравнения масса груза равна

$$m = \frac{F_Ж \cdot l}{gx} = \frac{29400 \cdot 1.527}{9.8 \cdot 1.5} = 3054 \text{ кг} \approx 3\text{т.}$$

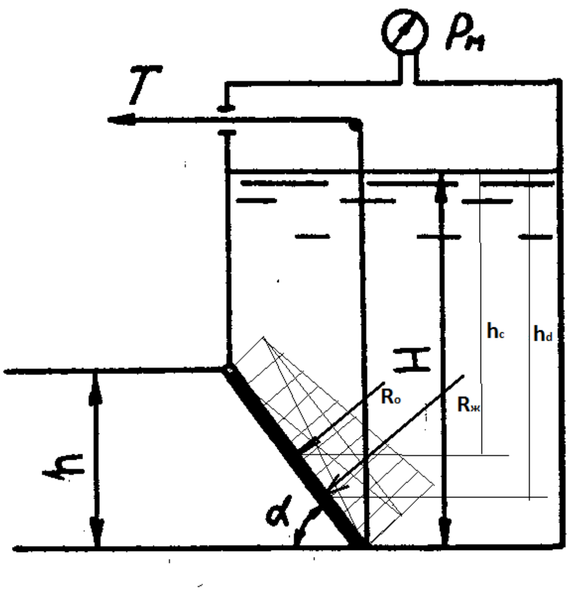


Рис.13

Поворотный клапан закрывает выход из бензохранилища в трубу квадратного сечения (рис. 13). Определить, какую силу T нужно приложить к тросу для открытия клапана при известных h=0,5 м, H=1 м и *a=30°.* Манометрическое давление паров бензина в резервуаре p_M =50 кПа.

Решение: Чтобы определить какую силу нужно приложить к тросу для открытия клапана определить силу от внешнего давления R_o и силу давления воды $R_Ж$. Определим силу от внешнего давления R_o. Силу от внешнего давления определим по формуле: $R_o = p_м \cdot S,$ где $p_м$ – давление, создаваемое манометрическим давлением, S – площадь клапана, $S=(h\cdot\sin\alpha)^2=(0{,}5\cdot\sqrt{3}/2)^2=0{,}1875$ м^2. $R_o = 50000 \cdot 0{,}1875 = 9375$Н.

Покажем линию действия и точку приложения силы R_o. Эпюра давления p_o представляет собой равномерно распределенную нагрузку, равнодействующая от такой нагрузки проходит через центр эпюры и приложена в центре тяжести клапана на глубине $h' = h/2 = 0.25$ м. Сила направлена по нормали из жидкости на клапан, как сила внешнего, избыточного давления.

Определим силу давления жидкости $R_Ж$ по формуле: $R_ж = \rho g h_c S = 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.75 \cdot 0.1875 = 1378{,}125$ Н. $h_c = H - {}^{h}/_{2} = 0{,}75$м. Точку приложения силы $R_ж$

определим по формуле: $h_D = h_c + \frac{I}{h_c S}$, где $I = \frac{(h\cdot\sin\alpha)^4}{12} = 0.0003$, $h_D = 0{,}75 + \frac{0.0003}{0{,}75\cdot 0{,}1875} = 0{,}752$ м;

Определим глубину h погружения оси поворота щита составив уравнение момента относительно оси поворота О:

$$\sum M_O(F_i) = 0;\ -R_o \cdot h/2sin\alpha - R_Ж\,(h_d - (H-h)/\sin\alpha) + T \cdot h/tg\alpha = 0 \text{ или}$$

Отсюда: $T=(R_o \cdot \frac{h}{2sin\alpha} + R_Ж\,(h_d - (H-h)/\sin\alpha))tg \propto /h = (9375 \cdot \frac{0{,}5}{2sin30°} + {}$
$+1378{,}125(0{,}752 - (1 - 0{,}5)/\sin 30))\frac{tg30}{0{,}5} = 5489{,}5H$

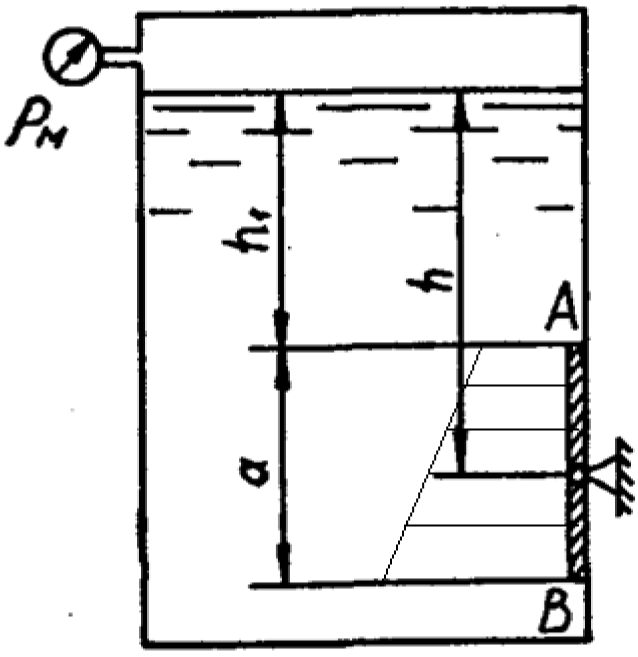


Рис.18

Автоматическое регулирование уровня нефти в напорном резервуаре осуществляется поворачивающимся щитом АВ (рис. 18). Найти глубину h погружения оси поворота щита и силу гидростатического давления нефти на него, если размеры щита bxa= 1,2x0,6 м, глубина h_1=1 м и манометрическое давление на поверхности нефти

p_M=25 кПа.. Построить эпюру гидростатического давления.

Решение:

Чтобы определить глубину погружения оси поворота щита нужно определить силу от внешнего давления R_o и силу давления воды $R_Ж$. Определим силу от внешнего давления R_o. Силу от внешнего давления определим по формуле: $R_o = p_o \cdot S,$ где p_o – давление, создаваемое манометрическим давлением $p_o = \text{p}_\text{м} + \rho_\text{в} g h_1 = 25 \cdot 10^3 + 1000 \cdot 9.8 \cdot 1 = 34{,}8\, k\text{Па}$, S – площадь щита, S=a·b=0,6·1,2=0,72 $м^2$. $R_o = 34{,}8 \cdot 0{,}72 = 25{,}056$ кН.

Покажем линию действия и точку приложения силы R_o. Эпюра давления p_o представляет собой равномерно распределенную нагрузку, равнодействующая от такой нагрузки проходит через центр эпюры и приложена в центре тяжести щита на глубине h_c=a/2=0.3 м. Сила направлена по нормали из жидкости на щит, как сила внешнего, избыточного давления.

Определим силу давления жидкости $R_Ж$ по формуле: $R_ж = \rho g h_c S = 1000 \cdot 9.8 \cdot 0.3 \cdot 0.72 = 2.1168\, k$Н. Точку приложения силы $R_ж$ определим по формуле: $h_D = \frac{I}{h_c S}$, где $I = \frac{ba^3}{12} = \frac{1.2 \cdot 0.6^3}{12} = 0.0216$, $h_D = \frac{0.0216}{0.3 \cdot 0.72} = 0.1$;

Определим глубину h погружения оси поворота щита составив уравнение момента относительно оси поворота O:

$$\sum \text{M}_\text{O}(F_i) = 0;\ -R_o(h - h_1 - h_c) + R_Ж\big(h_1 + a - \big(a - (a - h_D)\big) - h\big) = 0 \text{ или}$$

$$\sum -R_o(h - h_1 - h_c) + R_Ж\big(h_1 + a - \big(a - (a - h_D)\big) - h\big) = 0$$

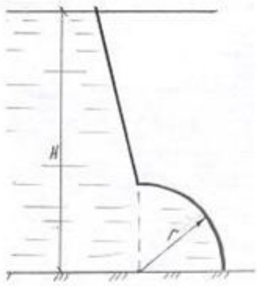
$$-R_o(h - h_1 - h_c) + R_Ж(h_1 + a - h_D - h) = 0$$

$$-25{,}056(h - 1 - 0{,}3) + 2{,}1168(1 + 0{,}6 - 0{,}1 - h) = 0$$

Отсюда h=1.08 м. Сила гидростатического давления равна $R=R_o+R_ж$=25,056+2,1168=27,1728 kН.

Примеры задач давление жидкости на криволинейную поверхность

№ 1. Определить силу гидростатического давления воды на 1 м ширины нижней криволинейной части сооружения, если H = 1,5 м, r = 0,5 м.



Дано: H = 1,5 м, r = 0,5 м, b = 1 м.

Определить: P = ?

Решение

Сила избыточного гидростатического давления на криволинейную часть сооружения определяется $P = \sqrt{P_x^{\,2} + P_z^{\,2}}$.

Горизонтальная составляющая P_X силы давления воды на криволинейную поверхность равна силе давления на вертикальную проекцию этой поверхности

$$P_x = \gamma h_c \omega = \gamma\left(H - \frac{r}{2}\right) rb = 10000\left(1{,}5 - \frac{0{,}5}{2}\right)0{,}5 \cdot 1 = 6250\,Н = 6{,}25\,кН$$

Вертикальная составляющая P_Z равна весу жидкости в объеме тела давления

$$P_z = \gamma W$$ и т.д.

Площадью Ω тела давления является фигура 1-3-4-2 (рис. 2.1).

$$P_z = \gamma \cdot \Omega \cdot b = \gamma\left(Hr - \frac{\pi \cdot r^2}{4}\right) b = 10000\left(1{,}5 \cdot 0{,}5 - \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5^2}{4}\right) \cdot 1 = 5540\,Н = 5{,}54\,кН$$

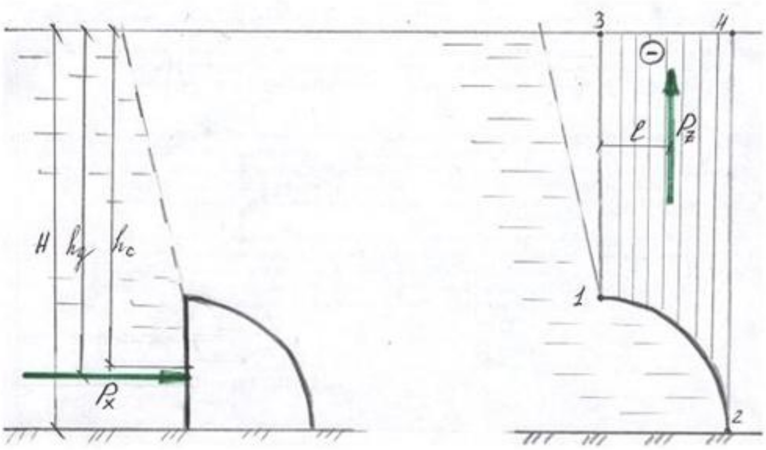


Рис. 2.1. Постоения к нахождению P_X и P_Z

Сила давления воды на криволинейную часть

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_z^2} = \sqrt{6{,}25^2 + 5{,}54^2} = 8{,}35 кН$$

Расстояние от свободной поверхности воды до линии действия горизонтальной составляющей P_X

$$h_д = h_c + \frac{I_0}{\omega \cdot h_c} = \left(H - \frac{r}{2}\right) + \frac{b \cdot r^3}{12 b \cdot r (H - r)} = \left(1{,}5 - \frac{0{,}5}{2}\right) + \frac{1 \cdot 0{,}5^3}{12 \cdot 0{,}5 \cdot 1 \left(1{,}5 - \frac{0{,}5}{2}\right)} = 1{,}27м$$

Вертикальная составляющая P_Z проходит через центр тяжести фигуры 1-3-4-2, расстояние L центра тяжести этой фигуры от линии 1-3 равно статическому моменту S этой фигуры относительно линии 1-3, деленному на площадь Ω.

$$L = \frac{S}{\Omega} = \frac{H \cdot r \cdot \frac{r}{2} - \frac{\pi \cdot r^2}{4} \cdot 0{,}424 \cdot r}{H \cdot r - \frac{\pi \cdot r^2}{4}} = \frac{1{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot \frac{0{,}5}{2} - \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5^2}{4} \cdot 0{,}424 \cdot 0{,}5}{1{,}5 \cdot 0{,}5 - \frac{3{,}14 \cdot 0{,}5^2}{4}} = 0{,}26м$$

Сила P проходит через точку пересечения C линий действия горизонтальной и вертикальной составляющих (рис. 2.2) под углом φ к горизонту, причем

$$\varphi = arctg\frac{P_z}{P_x} = arctg\frac{5{,}54}{6{,}25} = 41^0 31'$$

Рис. 2.2. К построению действия силы P

№2 Определить величину гидростатического давления жидкости на внутреннюю поверхность стенки трубы (рис.5.2). Определить R_{max} - величину предельного напряжения в стенках трубы для её разрыва, если H – напор, под которым в трубе находится жидкость; d – диаметр; L – длина трубы; δ – толщина стенки; R_x – сила давления жидкости внутри трубы, способная разорвать ее.

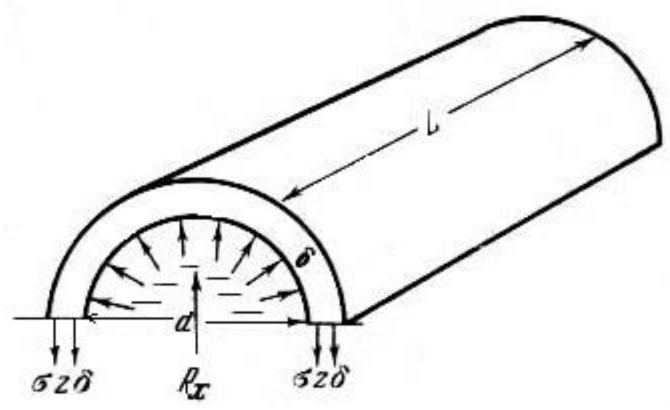


Рис.5.2

Решение. Величина R_x рассчитывается по формуле**:** R_x=rgHLd, (1)

где rgH = P_{max} – предельная величина гидростатического давления в стенках трубы для её разрыва.

Разрывающей силе давления жидкости противодействует сила сопротивления материала стенки F: F=2σδL , (2)

где σ – напряжение на разрыв; δ – толщина стенки; L – длина трубы; 2 – коэффициент, поскольку сила сопротивления действует с двух сторон.

При условии, что система находится в равновесии, приравняем силы давления жидкости и сопротивления материала стенки R_x=F. Подставляя из формул (1) и(2) величины, получим:

P_mLd=2δσLd или P_md=2δσ

Откуда

$$R_{max} = \frac{2\delta\sigma}{d}$$

№3. Вертикальный цилиндрический резервуар, диаметром d закрыт сверху полусферической крышкой того же диаметра, весом G и целиком заполнен водой (рис.5.3). Затем в отверстие в верхней части крышки ввернули вертикальную трубку пренебрежительно малого диаметра и залили в неё воду. Определить при какой высоте h вертикальная составляющая силы давления воды на крышку уравновесит ее вес.

Дано: $d = 2м$; $G = 19{,}6$ кН; $\rho = 1000$ кг/м^3.

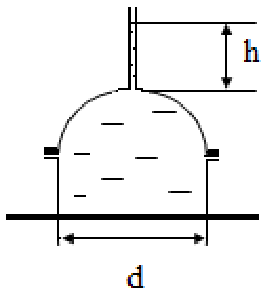


Рис.5.3

Решение. Запишем уравнение, из которого можно определить высоту h:

$R_z = G$. Здесь R_z – вертикальная составляющая силы давления воды на полусферическую крышку, а G – вес крышки.

Определяем силу R_z .

Вертикальная составляющая силы давления жидкости на криволинейную поверхность равна весу жидкости в объёме давления:

$R_z = \rho\, g\, \Omega_\partial$.

В свою очередь, чтобы построить объём давления Ω_∂, необходимо спроецировать полусферическую поверхность крышки на пьезометрическую поверхность жидкости (то есть на ту горизонтальную плоскость, где весовое давление жидкости равно нулю). В задаче это плоскость MN. Объём, заключённый между полусферой AB, её проекцией на плоскость MN и вертикальными проектирующими поверхностями, и есть объём тела давления (заштрихован на рисунке 5.4).

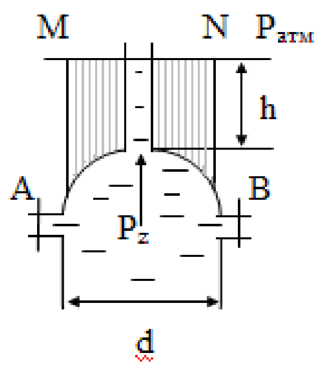


Рис.5.4

Из геометрических построений видно, что этот объём равен разности объёмов цилиндра и полусферы: $\Omega_{\partial} = \frac{\pi d^2}{4}(h + \frac{d}{2}) - \frac{1}{12}\pi d^3$

Определяем высоту h из уравнения: G = ρ g Ω_{∂}, далее подставляем в результат численные значения параметров, заданных по условию и производим вычисления.

$$G = \rho g \left[\frac{\pi d^2}{4}(h + \frac{d}{2}) - \frac{1}{12}\pi d^3\right] \Rightarrow h = \frac{\left(\frac{G}{\rho g} + \frac{1}{12}\pi d^3\right)4}{\pi d^2} - \frac{d}{2}$$

№4. Определить величину, направление и точку приложения полной силы гидростатического давления воды на 1 метр ширины вальцового затвора, диаметром D, если H - уровень воды перед затвором (рис.5.5).

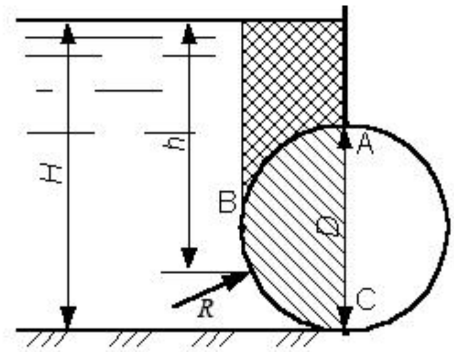


Рис.5.5

Решение. Полная сила гидростатического (избыточного) давления воды на цилиндрическую поверхность определяется по формуле 5.1:

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2},$$

где R_x – горизонтальная составляющая силы избыточного гидростатического давления, Н;

R_z – вертикальная составляющая полной силы избыточного гидростатического давления, Н. В данной задачи $R_y = 0$.

Горизонтальная составляющая силы избыточного гидростатического давления равна силе давления на вертикальную проекцию цилиндрической поверхности (формула 5.2):

$R_x = \rho g h_т \cdot \omega_x$,

где $h_{т.}$ – расстояние по вертикали от центра тяжести вертикальной проекции цилиндрической поверхности до уровня воды, м; ω_x– площадь вертикальной проекции цилиндрической поверхности АВС на плоскость, перпендикулярную оси X, м^2.

Вертикальная составляющая силы избыточного гидростатического давления определяется по формуле 5.3:

$R_z = \rho g \Omega_д$,

где $\Omega_д$ – объем тела давления, м^3

То есть вертикальная составляющая силы давления равна весу жидкости в объеме тела давления.

Тело давления представляет собой объем, расположенный над цилиндрической поверхностью и заключенный между вертикальными плоскостями, проходящими через крайние образующие цилиндрической поверхности, самой цилиндрической поверхностью и свободной поверхностью воды. Если тело давления находится со стороны, не смачиваемой жидкостью поверхности (в теле давления нет воды), то такое тело давления отрицательно и сила R_z будет направлена вверх.

В данной задаче для нахождения тела давления следует цилиндрическую поверхность АВС разделить на две: АВ и ВС, причем тело давления для поверхности АВ будет положительным, а для ВС – отрицательным. Результирующий объем тела давления на всю цилиндрическую поверхность АВС и его знак находятся путем алгебраического суммирования тел давления на криволинейные поверхности АВ и ВС.

Суммарная сила избыточного гидростатического давления на цилиндрическую поверхность направлена по радиусу к центру цилиндрической поверхности под углом φ к вертикали:

$$tg\varphi = \frac{R_x}{R_z}$$

Расстояние h от свободной поверхности воды до точки приложения силы округлить до сантиметра.

Д/з Решить задачи: (стр 103 в пособии Механика. Практикум по дисциплинам «Геомеханика», «Гидромеханика»/С.А. Щеглова,И.И. Петухова; Забайкал.гос.ун-т. – Чита: ЗабГУ, 2018. – 156 с., пособие можно найти на сайте университета)

1. Базаров №62
2. Болтушенко №63
3. Васильев №64
4. Глотов №65
5. Кислицин №66
6. Коновалов №67
7. Ломакин №68
8. Мовчанюк №69
9. Палкин №70
10. Плотников №71
11. Поляков №72
12. Согреев №73
13. Черепанов №74
14. Черников №75