

СЪДЪРЖАНИЕ

1. Челен лист	бр	1
2. Обяснителна записка	бр	1
3. Чертежи	бр	6
- Ситуация – ВиК	бр	1/6
- Приземен етаж – ВиК	бр	2/6
- Помпена станция – разреза и детайли	бр	3/6
- План на покрив – ВиК	бр	4/6
- Водомерна шахта – детайл	бр	5/6
- Ревизионна шахта – детайл	бр	6/6

ОБЯСНИТЕЛНА ЗАПИСКА

I. Обща част

Настоящият проект е изготвен на базата на:

- Проект за канализационна мрежа за кв.Дивдядово
- Проект за напорен канал(тласкател) след ПС
- Утвърден ПУП за ПС „Дивдядово”
- ИГП на площадка хза ПС за отпадни води от кв.Дивдядово, гр.Шумен
- Норми за проектиране на ВиК инсталации в сгради
- Норми за проектиране на канализационни системи
- Норми за проектиране на водоснабдителни системи

Техническите решения и схеми се основават на най-съвременни образци в съответните области, даващи тежест върху:

- Надеждност и дълготрайност на системата
- Модулност на съоръженията
- Пълна автоматизираност на процесите, лесна експлоатация, денонощно следене, контрол и документиране на основните показатели

II. Технологична схема

Изграждането на ПС се предопределя от общата канализационна схема и невъзможността за изцяло гравитачна система.

Местоположението на помпената станция е избрано в съответствие с приет ПУП и спазване на изисквания на Чл.99 от “Норми за проектиране на канализационни системи” Достъпа до ПС се осъществява от общински ,”черен” път обслужващ земеделските терени в съседство.

Функционално технологичната схема се изпълнява от следните звена:

- Приемна шахта
- Затворна устройство

- Механична решетка
- Черпателна камера
- Машинна зала, трафопост, дизелагрегат и главно ел.табло
- Сервизно помещение

Довеждащият канал както и тласкателя са обект на отделен проект.

Помпената станция е частично вкопана, като типа на помпите и оборудването са избрани така, че да има минимален застроен обем, лесен достъп за ремонт и преглед и гарантиране на експлоатационните параметри в напълно автоматизиран режим на работа. Типа на помпите е потопени, стационарно монтирани с водещи пръти. Този тип помпи е широко използван за отводнителни, промишлени и битово-фекални помпени станции. По този начин се спестява наземно строителство, голяма суха камера и всичките произтичащи от това проблеми. Предлагащите на пазара агрегати са изключително непретенциозни по отношение на работната среда, вискозитета и състава на изчерпваната вода. Работата на помпите е напълно автоматизирана. Захранването на помпената станция е първа категория, т.е. двустранно независимо. Режима на ползване е 2+1, като смяната на работната помпа е на отработени часове. Запускането на помпа става по ниво "ПУСК". Помпата спира при ниво "СТОП". Определя се аварийно ниво. При достигането им се подава сигнал "АВАРИЯ" в диспечерския пункт за да се установи точната причина за случващото се. Трафопоста е „касетен“ тип и се разполага на площадката. Двойното ел.захранване осигуряващо първа категория на захранване се осъществява от дизел агрегат разположен в отделно помещение в съседство с главно ел.табло.

1. **Приемна шахта:** Служи за приемник на битово-фекалните отточни количества от довеждащият канал. Представлява РШ уличен тип. Изпълнена е от сглобяеми бетонови елементи Ф100см с чугунен капак къгласно БДС1660/70. Преди навлизането на канала в района на ПС се организира преливник. Към ПС се насочва само сухият отток. Аварийното преливане, съгласно Чл.98(1) ще се извършва посредством задействане на затворният механизъм и ще се осъществи аварийно преливане от преливника за целият отток. В района на ПС не се предвижда такъв преливник.

2. **Затворно устройство:** Монтира се в съответствие с Чл.98(2) и за спиране водата при ремонти на черпателната камера и решетката.. Представлява гилотинен, шибърен СК с възможност за монтиране и на задвижка. Помества се в бетонова шахта. Шахтата се отводнява посредством преносима

потопяема помпа. СК следва да е с покрития PTFI осигуряващо безпроблемна работа в среда на битово-фекални води. Командването на крена е от повърхността на шахтата. Капака на шахтата е метален с вграден вентилационен отвор. По отношение на спирателният кран напрежението се запуска от централното табло в сградата и то само, когато ще се ползва крана.

3. Механична решетка: Предвижда се в съответствие с Чл.106. Решетката е готов продукт с широчина на светлия отвор съобразен с този на помпите. Принципа на работа на решетката се основава на повишаване на местното съпротивление(нивото на водата) в следствие задръстване от отпадъци. Почистването става автоматично а събраните отпадъци се исипват в контейнер. Съоръжението се помещава в бенова шахта. Почистването на самата решетка се извършва посредством водна струя. Презвижда се това да става от сградната водопроводна мрежа – канелка с щурцов накрайник на фасадата на сградата.

4. Помпена станция:

Черпателна камера: В нея се помещават помпите. Избран е вариант с две работни помпи осигуряващ по-малък застой на отпадната вода в черпателната камера и приближаване на работата на помпите максимално до неравномерността на постъпващата отпадна вода. Постига се и икономия на енергия. Прието е използването на потопяеми помпи с водящи пръти. Конструкцията на самата камера се прави изцяло съобразено с изискванията за такива помпи. Изпълнява се от стоманобетон. За връзка към машинната зала се оставят монтажни отвори покрити с рифелова ламарина. Камерата се хидроизолира вътрешно и външно за недопускане на подпочвени води, както и да не се замърсява с фекална вода почвата.

Обема на черпателната камера се определя по методика разработена за потопяеми помпи:

$$V_{\text{tot}} = \frac{V_{\text{req}}}{n} + (n-1) \cdot \Delta H \cdot S \qquad V_{\text{req}} = \frac{T \min \cdot Q}{4} = \frac{5.60 \cdot 0.025}{4} = 1.875$$

$$V_{\text{tot}} = \frac{1.875}{2} + (2-1) \cdot 0.6 \cdot 12.60 = 8.49 \text{m}^3, \text{ площта се определя конструктивно спрямо}$$

минималните отстояния на помпите и захващащите механизми. Схемата за запускане и спиране на помпите е стъпална. Първоначално се запуска една помпа(START1), която се спира(STOP1) при изчерпване на отточните количества. При отточно количество по-голямо от 25,0л/с работата на една помпа няма да

бъде достатъчна и нивото ще се повишава. При достигане до пределно ниво се запуска и втора помпа(START2). Спирането също е последователно. При проблем с помпите и продължаващо покачване на водното ниво се достига до критично ниво(ALARM), при което следва да се подаде сигнал до диспечерски пункт с постоянно дежурство за възникналият проблем. Работните часове на помпите се изравняват автоматично като се променя непрекъснато работните и резервни помпи. Така описаното технологично задание по отношение на автоматиката касаеща работата на помпите следва да се изпълни от доставчика на помпите. Нагнетателните линии са от стомана. Същите се обработват срещу корозия посредством двукомпонентно епоксидно покритие двустранно. Осигурява се десетократен обмен на въздуха за час. Подробно е показано в част ОиВ.

Машинна зала: Обособява се над черпателната камера и в съседство на спомагателните помещения и помещението за дизелагрегат. В машинната зала се разполагат контролните, затворните и повдигателните механизми. В машинната зала са създадени условия за леки ремонти на помпите и останалите агрегати. Монтажа и демонтажа на помпите се извършва от механичен телфер(полиспас). Предвидени са две работни места за декуплиране на помпа, както и възможност за монтиране на работни маси с лека механизация в помощ на ремонта. Температурата в залата се поддържа винаги над 4⁰С. Предвижда се и принудителна вентилация – пет кратен обмен на въздуха за час. Тръбната разводка и спирателните арматури, както и ел. захранванията и контролните кабели преминават в инсталационни канали. Не се предвижда постоянен работен персонал в станцията. За да се предпазим от кражби или умишлени вреди се предвижда монтажа на сигнално-охранителна система свързана с общата сградна система на терминала.

Трафопост: Разполага се на площадката. Подробно е разгледан в част Електро.

Дизелагрегат: Монтира се в отделно помещение. Подробно е разгледан в част Електро.

Санитарен възел: Поради голямата отдалеченост на станцията от населеното място се налага предвиждането на санитарен възел. Същият ще се ползва от служителите извършващи контрол и преглед на агрегатите и при ремонтни работи. Захранването с вода ще се осъществи от външен водопровод(по отделен проект). След навлизане в площадката на ПС се монтира водомерен възел разположен във водомерна шахта. Площадковият водопровод се изпълнява от ПЕВП тръби на пристягаща връзка. Диаметъра на захранващият водопровод се определя от водното количество необходимо за захранването на

приборите в санитарният възел предвиден в част архитектурна. Помпената станция е категория на производство на пожароопасност "Д" и според Чл.589 и Таблица №55 на ПСТН за външно пожарогасене се изисква предвиждането на 5,0 л/с. Гасенето ще се извършва от Пх70/80 монтиран на външният водопровод и не се засяга от сегашната разработка. Сградната водопроводна мрежа се изпълнява от ПП тръби на лепена връзка. Същите се топлоизолират изцяло.

Оразмерително водно количество

Оразмеряването се извършва за двама служителите работещи на смени в сградата.

Максимално денонощно водно количество

$$Q_{\max.d.} = \sum Q_i \cdot M_i$$

Където: $Q_{1.}^{CM} = 16$ л/д/ сл. $M_1 = 2$ сл. служители

$$Q_{\max.d.}^{CM} = \frac{16.2}{1000} = 0,032 \text{ m}^3/\text{d}$$

Максимално часово

$$q_{\max.h} = \sum q_i \cdot m_i$$

Където: $q_2 = 4$ л/д/ сл. $M_2 = 2$ сл. Служители

$$q_{\max.h} = 4.2 = 8,0 \text{ l/h}$$

Максимално секундно

$$q_{\max.\text{сек.}} = 5 \cdot q_{e.\text{сек.}} \cdot \varphi_{\text{сек.}}$$

Където: $q_{e.\text{сек.}} = 0,2$ л/с $\varphi_{\text{сек.}}$ - параметър зависещ от $P_{\text{сек.}}$

$$P_{\text{сек.}}^{CM.B.} = \frac{q \cdot M}{720 \cdot E}, \text{ която се трансформира в } E \cdot P_{\text{сек.}}^{CM.B.} = \frac{q \cdot M}{720}.$$

$$E.P_{\text{сек}}^{\text{см.в.}} = \frac{2.4}{720} = 0,011$$

Отчетено от Приложение 6, Таблица 2 $\varphi_{\text{сек}} = 0,202$

$$q_{\text{макс.сек.}} = 5.0,2.0,202 = 0,202 \text{ л/с}$$

Провежда се от ППФ32 мм за СВО и площадката и от ППФ25 мм за тръбната разводка в сградата. Топлата вода се подгръва от ел. бойлер, запускан само при наличието на хора в сградата.

Изпълнява се разделна, гравитачна канализационна мрежа с “основна” вентилация. Отточните води от санитарният възел се включват в черпателната шахта. Отводняват инсталационните канали и машинната зала на ниво $\pm 0,00$ посредством сифони и тръбна разводка зауствана в черпателната камера. Дъждовните води се отвеждат външно. Мрежата изцяло се изпълнява от рvc тръби с фасонни парчета.

Избор на помпа: Необходимите параметри за точният избор на помпа са водно количество и напор на помпата. Типа на помпата и конструктивните и характеристики сме избрали в съответствие с технологията.

Според Чл.100, т.2. от “Норми за проектиране на канализационни системи” оразмерителното отточно количество е:

$$Q_{\text{ор.}} = (1+2) \times Q_{\text{макс.час.}} = 3 \times 16.78 \text{ л/с} = 50,34 \text{ л/с}$$

Необходимият напор намираме по формулата:

$$H^{\text{необх}} = H^{\text{геод}} + \sum H^{\text{заг}}$$

Където:

$$H^{\text{геод}} = K^{\text{излив}} - K^{\text{ос помпа}} = 169,21 - 146,35 = 22,86 \text{ м;}$$

$$\sum H^{\text{заг}} = 1800.0,0052 = 9,36 + 1,87 = 11,23 \text{ м}$$

$$H^{\text{необх}} = 22,86 + 11,23 = 34,09 \text{ м}$$

Избирам две помпи със следните характеристики(за всяка):

$$Q=25,0 \text{ л/с} \quad H=38,80 \text{ м} \quad P_{\text{макс}}=18,5 \text{ kw} \quad N=2900 \text{ н}^{-1}$$

Пригодни за изпомпване на необработена канализационна вода с вграден защита датчик за влага. Помпите следва да имат възможност да засмукват и изтласкват отделни твърди частици с размер до 100мм.

Помпите работят в режим работна-резервна (2+1)

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ХИДРАВЛИЧНИЯ УДАР В НАПОРНИЯ ТРЪБОПРОВОД НА КАНАЛИЗАЦИОННА П.С. ЗА ПОДОБРЕНИЕ НА ВОДНИЯ ЦИКЪЛ НА ГР. ШУМЕН

Данни за тръбопровода

- Обща дължина след връзката на паралелно работещи помпи – $L_{\text{тр.об}} = 1779\text{m}$
- Вътрешен диаметър $d_{\text{тр}} = 230\text{mm}$, $d_{\text{вън}} = 280\text{mm}$
- Дебелина на стените на тръбопровода $\delta = 25\text{mm}$
- Максимален геодезичен напор $h_0 = 25,5 \text{ mm}$

Данни за помпата

- Тип на помпата AFP 1048 50HZ
- DN = 100; максимален дебит $Q = 49 \text{ l/s}$
- Мотор. мощност – 18,5 kW; 400V
-

Определяне големината на хидравличния удар в напорния тръбопровод в периодите на понижение и повишение на налягането

За меродавен изчислителен случай се приема внезапното спиране на електрическия ток при работещи помпи с номинална мощност. За случая е общ дебит $Q=50 \text{ l/s}$. При спиране на ел.захранването помпите не спират веднага, а под действието на маховите маси продължават да се въртят и да подават вода в напорния тръбопровод.

След изключването работата а помпите водното количество постепенно намалява от $Q_0=50 \text{ l/s}$ до нула. Едновременно намаляват оборотите на помпите от n_0 до нула. Намаляването става толкова по-бавно колкото инерционният момент на помпата J_0 е по-голям.

$$M = -J \frac{d\omega}{dt}$$

M е динамичният момент на въртящите части

Връзката между изменението на напора с ΔH в тръбопровода и производителността на помпата (дебита Q) се дава с формулата:

$$\Delta H = \frac{a \cdot n'_{\text{ном.}} \cdot Q}{g \cdot \omega_{\text{тр.}}}; n'_{\text{ном.}} - \text{брой на помпите}$$

Броят на оборотите на помпата в момента на достигане на отразената вълна до обратната клапа може да се определи по формулата:æ

$$n_{отраз.в} = \frac{t}{T_a} = \left[\arctg \sqrt{\frac{\kappa_{cp}}{0,015}} - \arctg \left(\frac{13}{0,122} \right) \right] \cdot 8,32$$

$$\kappa = \frac{N_0^{ном}}{N_0'}; \beta = \frac{n_{отраз.в}}{n_0}$$

при приемане $\kappa = 1.10$ и $\beta = \frac{1}{8} = 0,125$

$$n_{отраз.в} = (83,3 - 45,6) \cdot 8,32 = 314 \text{ об/мин}$$

Загуба на напор в общия тръбопровод

$$h_{заг.об} = \left(\lambda \frac{b_{mp}}{d_{mp}} + \sum \xi_{м.з} \right) \cdot \frac{1}{2g \cdot \omega_{mp}^2} \cdot Q_n^2 = A \cdot Q_n^2$$

При $Q=50$ до 60 l/s течението в напорния тръбопровод се намира в преходната зона на съпротивление и коефициент λ може да се определи по формулата на Мууди

$$\lambda = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(\frac{2000 \Delta_{екв}}{d} + \frac{10^6}{Re} \right)^{1/3} \right]$$

$\Delta_{екв}$ може да се приеме $0,05\text{mm}$

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu} = \frac{121.23}{0,0108} = 255000$$

При $Q=50$ l/s $V=1,215$ m/s

$$\lambda = 0,0055 \cdot \left[1 + \left(\frac{2000 \cdot 0,05}{230} + \frac{10^6}{0,25 \cdot 10^6} \right)^{0,333} \right] = 0,015$$

За $\sum \xi_{м.з}$ спрямо конфигурацията на тръбопровода се получава $\sum \xi_{м.з} = 14$

$$A = \left(0,015 \cdot \frac{1779}{0,23} + 14 \right) \cdot \frac{1}{19.62 \cdot 0,0415^2} = 3830$$

$$h_{заг.н.тр.}^{об.} = 3830 Q_n^2$$

Определяне скоростта на разпространение на вълната на хидравличния удар

$$E_{мат.тр.} = 1300\text{MPa} = 1,3 \cdot 10^6 \text{kPa}$$

$$E_{вод} = 2060\text{MPa} = 2,06 \cdot 10^6 \text{kPa}$$

$$a = \frac{1,0}{\sqrt{\rho_{\epsilon} \left(\frac{1,0}{\epsilon_{\epsilon}} + \frac{d}{\delta \cdot E_{мат}} \right)}} = \frac{1,0}{\sqrt{1000 \left(\frac{1,0}{2,06 \cdot 10^9} + \frac{230}{25 \cdot 1,3 \cdot 10^9} \right)}} \quad (1)$$

$$a = \frac{1435}{\sqrt{\left(1 + \frac{d \epsilon_{\epsilon}}{\delta \cdot E_{мат}} + \epsilon_{\epsilon} \frac{w_{\epsilon\epsilon 3}}{p} \right)}} \quad (2)$$

$w_{\epsilon\epsilon 3}$ - обем въздух, разтворен във водата; $\frac{w_{\epsilon\epsilon 3}}{p} = 0,0002$ (за случая)

По формула (1) $a = 365 \text{ m/s}$

По формула (2) $a = 359 \text{ m/s}$

Определяне фазата на удар.

$$t_{\phi} = \frac{2.L_{mp}}{a} = \frac{2.1779}{365} = 9,8s < t_n^{cn} \text{ непряк хидравличен удар}$$

$$\text{време на полуфаза} \rightarrow t_{n,\phi} = \frac{1779}{365} = 4,9s$$

Избрани моменти

1. $t^{\min} = 1s$
2. $t_2 = 2s$
3. $t_3 = 3s$
4. $t_4 = 4s$
5. $t_5 = 4,9s$

Характеристика на помпите при нестач. режим

Номинални обороти $n_0 = 2950 \text{ об/мин}$

$$\omega_0 = \frac{\pi.n_0}{30} = \frac{3,14.2950}{30} = 308,79s^{-1}$$

$$N_0 = \frac{g.Q.H_0}{\eta} = \frac{9,81.0,025.35,1}{0,551} = 15,6kW$$

обща мощност – $2.15,6 = 31,2kW$

Отчетено от графика $N_{\text{пом}} = 34kW$

$$M_0 = \frac{N_0}{\omega_0} = \frac{15600}{308,7} = 50,5N.m$$

Моторът е с номинална мощност $18,5 \text{ kW}$ и M_0 при 100% натоварване $59,93 \text{ N.m}$ и инерционен момент $J=0,0593\text{kg.m}^2$

$$m.D^2 = 0,47\text{kg.f.m}^2 = 4,6\text{N.m}^2$$

Време за спиране на въртенето на помпата след спиране на ел. ток

$$t_n^{cn} = \frac{M_0}{m.D^2}$$

$$m.D^2 = 4.g.J$$

Момент $t_1 = t_0 + 1s$

$$i_n = i_{\omega} = \frac{0,74}{0,74+1,0} = 0,43$$

$$n_{(1s)} = 2950.0,43 = 1270\text{об} / \text{min}$$

Работят двете помпи

Увеличение на скоростта в общия тръбопровод с около 10%

$V_1 = 1,1.1,215 = 1,30 \text{ m/s} \rightarrow Q_{0,1} = 1,30.0,0415 = 0,0550 \text{ m}^3/\text{s}$ – отчетено от работната характеристика на помпата $Q - H \rightarrow H_{0,1} = 33\text{m}$.

$$\text{Мощността на една помпа } N_0 = \frac{9,81.0,025.33}{0,553} = 16,5kW$$

Обща мощност $N_{06} = 33kW$

$$\bar{V}_{01} = \frac{1,215+1,30}{2} = 1,25\text{m} / \text{s}$$

Момент 1 $t_1 = t_0 + 1s$

$$\bar{N}_{01} = \frac{33+34}{2} = 33,5kW$$

$$k_1 = \frac{n_0^3 \cdot GD^2}{365000 \cdot \bar{N}_{01}} = \frac{2950^3 \cdot 0,47}{365000 \cdot 33,5} = 4590$$

$$n_1 = \frac{4590}{\frac{4590}{2950} + 1,0} = 1800 об / min$$

$$H_1 = H_{01} \left(\frac{n_1}{n_0} \right)^2 = 33 \left(\frac{1800}{2950} \right)^2 = 12,30m$$

$$V_1 = 1,30 \frac{1800}{2950} = 0,78m / s$$

За височина h_1 се използва формулата

$$h_1 = h_0 + \frac{a}{g}(v_i - v_0) + \frac{a \cdot v_{01}^2 \cdot k_1}{c^2 \cdot R \cdot n_0^2} (n_{i-1} - n_i) + \frac{a \cdot v_{01}^2}{c^2 \cdot R \cdot n_0^2} (n_0 - n_1) + \frac{V_0^2 \left(l - \frac{i}{p} l \right)}{c^2 \cdot R}$$

$$\text{Хидравл. радиус } K = \frac{d}{4} = \frac{0,23}{4} = 0,0575m$$

$$C = \frac{1}{0,01} \cdot 0,0575^{0,1667} = 62$$

$$h_1 = 25,5 + \frac{365}{9,81} (0,78 - 1,215) + \frac{365 \cdot 1,25^2 \cdot 4590}{62^2 \cdot 0,575 \cdot 2950^2} (2950 - 1800) + \frac{1,215^2 \left(1779 - \frac{1}{5} 1779 \right)}{62^2 \cdot 0,575}$$

$$h_1 = 25,5 - 16,3 + 1,50 + 9,40 = 19,5m$$

Момент $t_2 = t_0 + 2s$

Чрез подбор се получава

$$V_{02} = 1,27m/s$$

$$Q_n = 1,27 \cdot 0,0415 = 0,053 m^3/s$$

От работната характеристика се отчита $H_2 = 34m$

$$\text{Обща мощност на двете помпи } N_{062} = \frac{9,81 \cdot 0,053 \cdot 34}{0,553} = 32,2kW$$

$$\bar{N}_2 = \frac{32,2+33}{2} = 32,55kW$$

$$\bar{V}_{02} = \frac{1,30+1,27}{2} = 1,285m / s$$

$$k_2 = \frac{2950^3 \cdot 2,23}{365000 \cdot 32,55} = 4710$$

$$n_2 = \frac{4710}{\frac{4710}{1800} + 1,0} = 1300 \text{ об/мин}$$

$$H_2 = 34 \left(\frac{1300}{2950} \right)^2 = 6,3 \text{ м}$$

$$V_2 = 1,27 \frac{1300}{2950} = 0,56 \text{ м/с}$$

$$h_2 = 25,5 + \frac{365}{9,81} (0,56 - 1,215) + 1,5 + \frac{365 \cdot 1,28^2 \cdot 4710}{62^2 \cdot 0,575 \cdot 2950^2} (1800 - 1300) + \frac{1,215^2 \left(1779 - \frac{2}{5} 1779 \right)}{62^2 \cdot 0,575}$$

$$h_1 = 25,5 - 24,4 + 1,50 + 0,70 + 6,7 = 8,50 \text{ м}$$

Момент $t_3 = t_0 + 3\text{s}$

Чрез подбор се получава

$$V_{03} = 1,15 \text{ м/с}$$

$$Q_{03} = 0,048 \text{ м}^3/\text{s}$$

От графика Q-H се отчита $H_3 = 39,5 \text{ м}$

$$N_{o3} = \frac{9,81 \cdot 0,048 \cdot 39,5}{0,551} = 32,6 \text{ kW}$$

$$\bar{N}_3 = \frac{32,2 + 32,6}{2} = 32,4 \text{ kW}$$

$$\bar{V}_{03} = \frac{1,15 + 1,27}{2} = 1,21 \text{ м/с}$$

$$k_3 = \frac{2950^3 \cdot 2,23}{365000 \cdot 32,4} = 4730, \quad n_3 = \frac{4730}{\frac{4730}{1300} + 1,0} = 1020 \text{ об/мин}$$

$$H_3 = 39,53 \frac{1020^2}{2950^2} = 4,2 \text{ м}$$

$$V_3 = 1,15 \frac{1020}{2950} = 0,40 \text{ м/с}$$

$$h_3 = 25,5 - \frac{365}{9,81} (0,40 - 1,215) + 1,50 + 0,75 + \frac{365 \cdot 1,21^2 \cdot 4730}{62^2 \cdot 0,575 \cdot 2950^2} (1300 - 1020) + \frac{1,215^2 \left(1779 - \frac{3}{5} 1779 \right)}{62^2 \cdot 0,575}$$

$$h_3 = 25,5 - 30,3 + 1,50 + 0,75 + 0,40 + 4,70 = 2,95 \text{ м}$$

Момент $t_4 = t_0 + 4\text{s}$

Чрез подбор се получава

$$V_{04} = 1,1 \text{ м/с}$$

$$Q_{04} = 0,0456 \text{ м}^3/\text{s}$$

От графика Q-H се отчита $H_4 = 40,5 \text{ м}$

$$\text{Обща мощност на двете помпи } N_{o\bar{4}} = \frac{9,81 \cdot 0,0456 \cdot 40,5}{0,551} = 32,7 \text{ kW}$$

$$\bar{N}_4 = \frac{32,7 + 32,6}{2} = 32,65 \text{ kW}$$

$$k_4 = \frac{2950^3 \cdot 2,23}{365000 \cdot 32,65} = 4690$$

$$n_4 = \frac{4690}{\frac{4690}{1020} + 1,0} = 855 \text{ об/мин}$$

$$H_4 = 40,5 \left(\frac{855}{2950} \right)^2 = 3,30 \text{ m}$$

$$V_4 = 1,10 \frac{855}{2950} = 0,325 \text{ m/s}$$

$$\bar{V}_{04} = \frac{1,10 + 1,15}{2} = 1,12 \text{ m/s}$$

$$h_4 = 25,5 - \frac{365}{9,81} (0,325 - 1,215) + 1,50 + 1,15 + \frac{365 \cdot 1,12^2 \cdot 4690}{62^2 \cdot 0,575 \cdot 2950^2} (165) + \frac{1,215^2 \left(1779 - \frac{4}{5} 1779 \right)}{62^2 \cdot 0,575}$$

$$h_3 = 25,5 - 32,9 + 26,5 + 0,28 + 2,50 = -1,90 \text{ m}$$

Изчисленията са подредени в Таблица 1

При положение, че изчисленото за четвъртата секунда понижение на налягането от -1,9m се получава в мястото на обратната клапа и като се има предвид, че кривата на понижението е стръмна към края на тръбопровода в зоната между 1470m и 1720m (около 250m), се получава вакуум от порядъка на 8-9m, който е по-голям от допустимия $h_{\text{вак}}^{\text{дон}} = 6,50 \text{ m}$ (Фиг.1). Това не се допуска от хидравлична гледна точка поради опасност от разкъсване на струята и кавитационни явления. При тези резултати обикновено се препоръчва монтиране на хидрофор.

Максималният обем на въздуха в хидрофора $W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{max}}$ може да се определи от формулата:

$$W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{н.зас}}^2}{g \cdot \omega_{\text{тр}}} \cdot l_{\text{тр}} \cdot \left(\frac{H_0 + 10}{h_0 + 10} \right)^2 \cdot \frac{(H_{\text{min}} + 10)}{(H_0 - H_{\text{min}})^2}$$

За случая може да се приеме $H_{\text{min}} = 15,0 \text{ m}$

$$W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{max}} = \frac{0,05^2}{9,81 \cdot 0,0415} \cdot 1779 \cdot \left(\frac{35,1 + 10}{25,5 + 10} \right)^2 \cdot \frac{(15 + 10)}{(35,1 - 15)^2}$$

$$W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{max}} = 1,10 \text{ m}^3$$

$$\text{Респективно } W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{нор}} = \frac{W_{\text{хидр.въз.}}^{\text{max}}}{1,2} = 0,92 \text{ m}^3$$

Обемът на хидрофора може да се получи и с помощта на графики, дадени в специалната литература. По-долу се дават такива аспомогателни графики

Таблица 1

$t_0(\text{s})$	Q_i	V_{01}	V_1	N_{01}	K_i	$H_i(\text{m})$	$h_i(\text{m})$	n_1
-----------------	-------	----------	-------	----------	-------	-----------------	-----------------	-------

	(m ³ /s)							
0	0,050	1,215	1,215	34,0	-	35,1	25,5	2950
1	0,055	1,30	0,78	33,0	4590	12,3	19,5	1800
2	0,053	1,27	0,56	32,5	4710	6,3	8,5	1300
3	0,048	1,15	0,383	32,6	4730	4,2	2,95	1020
4	0,0456	1,10	0,325	32,4	4690	3,3	-1,90	855
4,9	0,0435	1,05					-2,50	720

Използване на графиките за хидрофор в книгата *Mecanique des fluids appliquee* – M.HUG (Eyrolles 1975 Paris)

*Определят се параметрите

$$K = \frac{\sum h_{заг}^{mp}}{H_0} = \frac{9,6}{35,1} = 0,275$$

$$\beta = \frac{Q_{n.з.}^2}{2g \cdot h_0 \cdot W_0} \frac{L}{\omega}$$

$$\beta = \frac{0,05^2}{19,62 \cdot 35,1 \cdot W_0} \frac{1779}{0,0415}$$

W_0 - обем на въздуха в хидрофора

За подобна хидравлична схема β се променя от 0,2 до 0,3.

Ако за задачата приемем $\beta=0,25$, за обема на хидрофора се получава

$$W_0 = \frac{0,05^2}{19,62 \cdot 35,1 \cdot 0,25} \frac{1779}{0,0415} = 0,9 m^3$$

От графиката на стр.826 срещу β и K се отчитат наляганията в хидрофора

$$\frac{H_{max}}{H_0} = 1,32 \quad \text{и} \quad \frac{H_{min}}{H_0} = 0,61$$

Следователно $H_{max} = 1,32 \cdot 35,1 = 46m$; $H_{min} = 0,61 \cdot 35,1 = 21,0m$

Повишение на налягането (положителен хидравличен удар)

При положение, че по дължината на тръбопровода понижението на налягането не причинява разкъсване на течението – максималният положителен хидравличен удар, генериращ се след затваряне на обратната клапа, се изчислява по формулата

$$H_{max} = 2h_0 - h_n^{min}$$

където h_n^{min} е номиналният минимален напор на помпата, който съгласно проспектите материали е 4,3m.

Следователно

$$H_{max} = 2 \cdot 25,5 - 4,3 = 46,7m$$

Освен по класическия теоретичен начин за определяне параметрите на хидравличния удар като втора част са дадени и резултатите от прилагане на протрамен продукт на катедра "Хидравлика и хидрология" към УАСГ.

Заклучение

Въз основа на резултатите, получени от теоретичното хидравлично изчисление, както и от приложената програма HYUD за определяне на хидравличния удар в напорния тръбопровод на П.С. за подобрене на водния цикъл на гр. Шумен могат да се направят следните изводи и препоръки:

1. Поради голямата дължина на напорния тръбопровод и сравнително малката скорост на разпространение на ударната вълна ($a=365m/s$) фазата на хидравличния удар е сравнително голяма

$t_{\phi} \approx 10s$

2. Максималното понижено на налягането в зоната на обратната клапа се получава около 5-5,5 секунди след спирането на помпите, при което в крайната висока част на тръбопровода (между 1450 и 1700m) се получава отрицателно налягане, достигащо $h_{\min} = -9,0m$, което е недопустимо с оглед разсъване на течението и смачкване на тръбопровода.

3. Максималната стойност на повишение на налягането след затваряне на обратната клапа се получава $H_{\max} = 47,7m$

4. С цел редуциране на параметрите на хидравличния удар и осигуряване на безопасна работа на помпите и тръбопровода се препоръчва монтирането на хидрофор с общ обем около $1m^3$ с местоположение в началото на общия тръбопровод.

II. ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ХИДРАВЛИЧНИЯ УДАР С ПРОГРАМАТА HIUD

Кратко описание на програмата

Изчисленията са проведени с помощта на компютърната програма HIUD разработена в катедра "Хидравлика и хидрология" при УАСГ (Числено моделиране в хидротехниката е ЕИМ, Емил Маринов, ДИ "Техника, 1986 г.).

За целта се решават числено динамичното и континуитетното уравнение, които описват явленията хидравличен удар в напорни тръбопровода:

$$g \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{dv}{dt} + v \frac{\partial v}{\partial x} + g \frac{v|v|}{C^2 R} = 0$$
$$\frac{\partial H}{\partial t} + v \frac{\partial H}{\partial x} - v \sin \alpha + \frac{a^2}{g} \frac{\partial v}{\partial x} = 0$$

където:

$v(x,t)$ – средната скорост в напречното сечение;

$H(x,t)$ – хидравличния удар в същото сечение;

R – хидравличен радиус;

C – коефициент на Шези;

n – коефициент на грапавина на тръбопровода;

g – Земно ускорение;

a – скорост на ударната вълна;

α – ъгъл на наклона на тръбопровода;

x – разстояние от началото на координатната система;

t – време.

Алгоритъмът за изчисляване на хидравличен удар в напорен тръбопровод се състои от един основен модул и различни подпрограми отчитащи голямото разнообразие на гранични условия в двата края на тръбопровода. В конкретния случай, като гранични условия са използвани: помпа с обратна клапа в началото

на тръбопровода и резервоар в края на тръбопровода. Граничното условие при помпата е зададено чрез номиналната честота на въртене на помпата 2950 об/мин., коефициентите на характеристиката на Q-H характеристиката на помпата, която е апроксимирана с полином от втора степен и коефициентите на Q-η характеристиката на помпата, която също е апроксимирана с полином от втора степен който е с нулев свободен член (минава през началото) на координатната система.

Резултати от изчисленията за определяне стойностите на хидродинамичните напори с програма HIUD – помпа с обратна клапа

Изчисленията са проведени за тръбопровод с обща дължина 1779 м (съгласно надлъжния профил) и постоянен вътрешен 230 мм. Скоростта на разпространение на вълната по дължина на тръбопровода са възприети стойностите получени от аналитичното решение, откъдето се получава средна скорост на ударната вълна $C_{cp.} = 365$ m/s.

По надолу са представени в табличен и графичен вид получените резултати.

Таблица 1. Екстремални стойности на изчислените напори по отношение на водното ниво в резервоара на помпата.

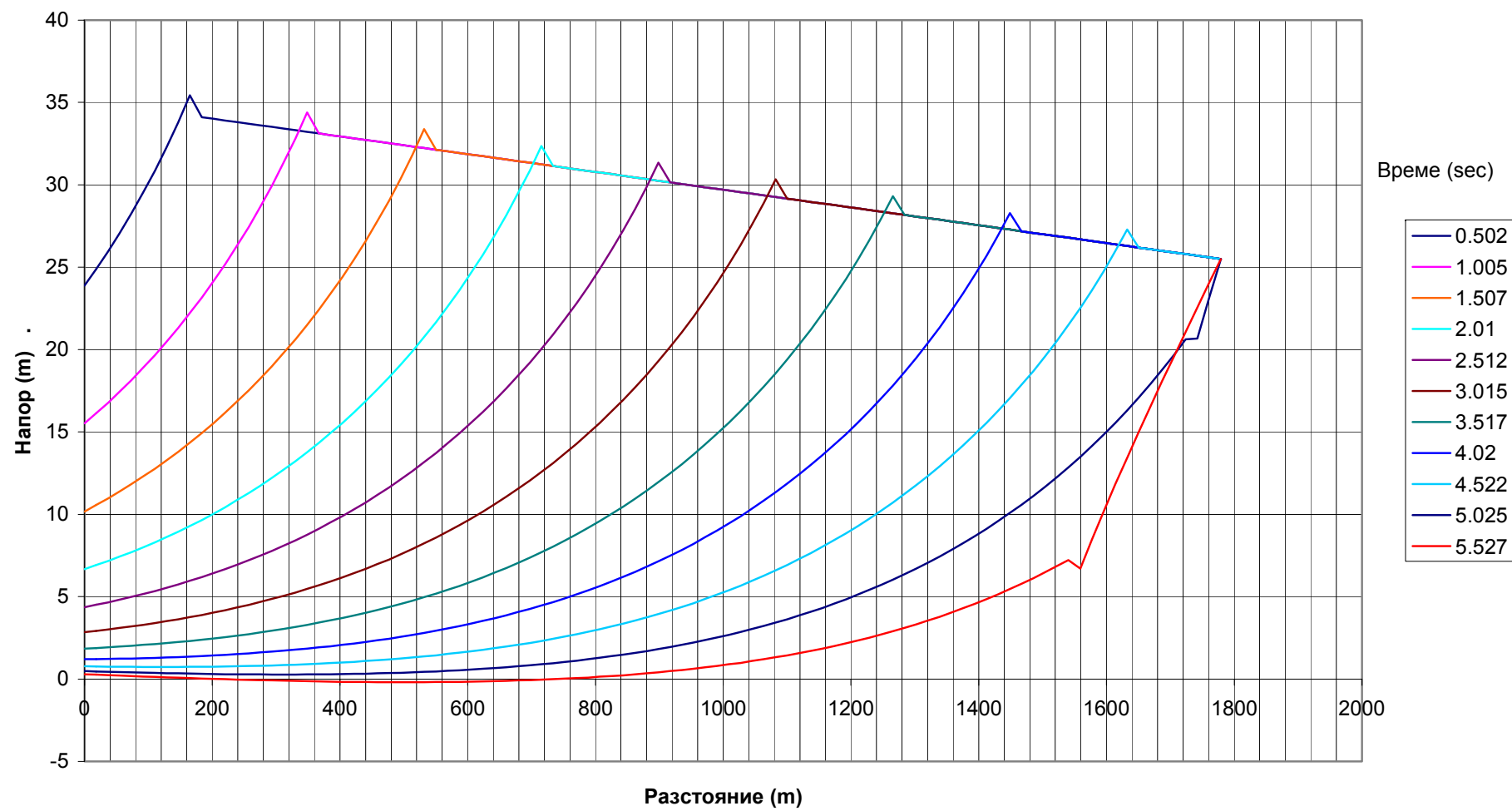
S,m	Hmin,m	Hmax,m		S,m	Hmin,m	Hmax,m
0	-0.35	47.15		898.67	-2.63	42.36
18.34	-1.02	46.36		917.01	-2.63	42.36
36.68	-1.07	45.07		935.351	-2.62	42.36
55.021	-1.12	43.87		953.691	-2.6	42.36
73.361	-1.16	42.74		972.031	-2.58	42.36
91.701	-1.21	41.68		990.371	-2.55	42.35
110.041	-1.25	41.17		1008.711	-2.52	42.33
128.381	-1.3	41.21		1027.052	-2.48	42.31
146.722	-1.34	41.24		1045.392	-2.44	42.29
165.062	-1.39	41.28		1063.732	-2.38	42.26
183.402	-1.43	41.32		1082.072	-2.32	42.23
201.742	-1.48	41.35		1100.412	-2.25	42.19
220.082	-1.52	41.39		1118.753	-2.17	42.15
238.423	-1.57	41.42		1137.093	-2.07	42.09
256.763	-1.61	41.46		1155.433	-1.97	42.03
275.103	-1.65	41.5		1173.773	-1.85	41.96
293.443	-1.7	41.53		1192.113	-1.72	41.89
311.784	-1.74	41.57		1210.454	-1.57	41.8
330.124	-1.78	41.6		1228.794	-1.4	41.7
348.464	-1.82	41.63		1247.134	-1.22	41.59
366.804	-1.86	41.67		1265.474	-1.02	41.47

385.144	-1.91	41.7		1283.814	-0.79	41.33
403.485	-1.95	41.73		1302.155	-0.54	41.18
421.825	-1.99	41.77		1320.495	-0.27	41.01
440.165	-2.03	41.8		1338.835	0.03	40.82
458.505	-2.06	41.83		1357.175	0.35	40.61
476.845	-2.1	41.86		1375.516	0.71	40.39
495.186	-2.14	41.89		1393.856	1.11	40.14
513.526	-2.18	41.93		1412.196	1.54	39.88
531.866	-2.21	41.96		1430.536	2.01	39.59
550.206	-2.25	41.99		1448.876	2.52	39.28
568.546	-2.28	42.01		1467.217	3.08	38.93
586.887	-2.32	42.04		1485.557	3.69	38.56
605.227	-2.35	42.07		1503.897	4.35	38.15
623.567	-2.38	42.1		1522.237	5.07	37.7
641.907	-2.41	42.12		1540.577	5.85	37.21
660.247	-2.44	42.15		1558.917	6.7	36.68
678.588	-2.47	42.17		1577.258	7.62	36.1
696.928	-2.49	42.2		1595.598	8.62	35.47
715.268	-2.52	42.22		1613.938	9.71	34.79
733.608	-2.54	42.24		1632.278	10.89	34.05
751.948	-2.56	42.26		1650.619	12.18	33.24
770.289	-2.58	42.28		1668.959	13.58	32.37
788.629	-2.59	42.3		1687.299	15.12	31.63
806.969	-2.61	42.31		1705.639	16.79	31.12
825.309	-2.62	42.33		1723.979	18.64	29.82
843.649	-2.63	42.34		1742.32	20.67	28.45
861.99	-2.63	42.35		1760.66	22.94	27.02
880.33	-2.63	42.36		1779	25.5	25.5

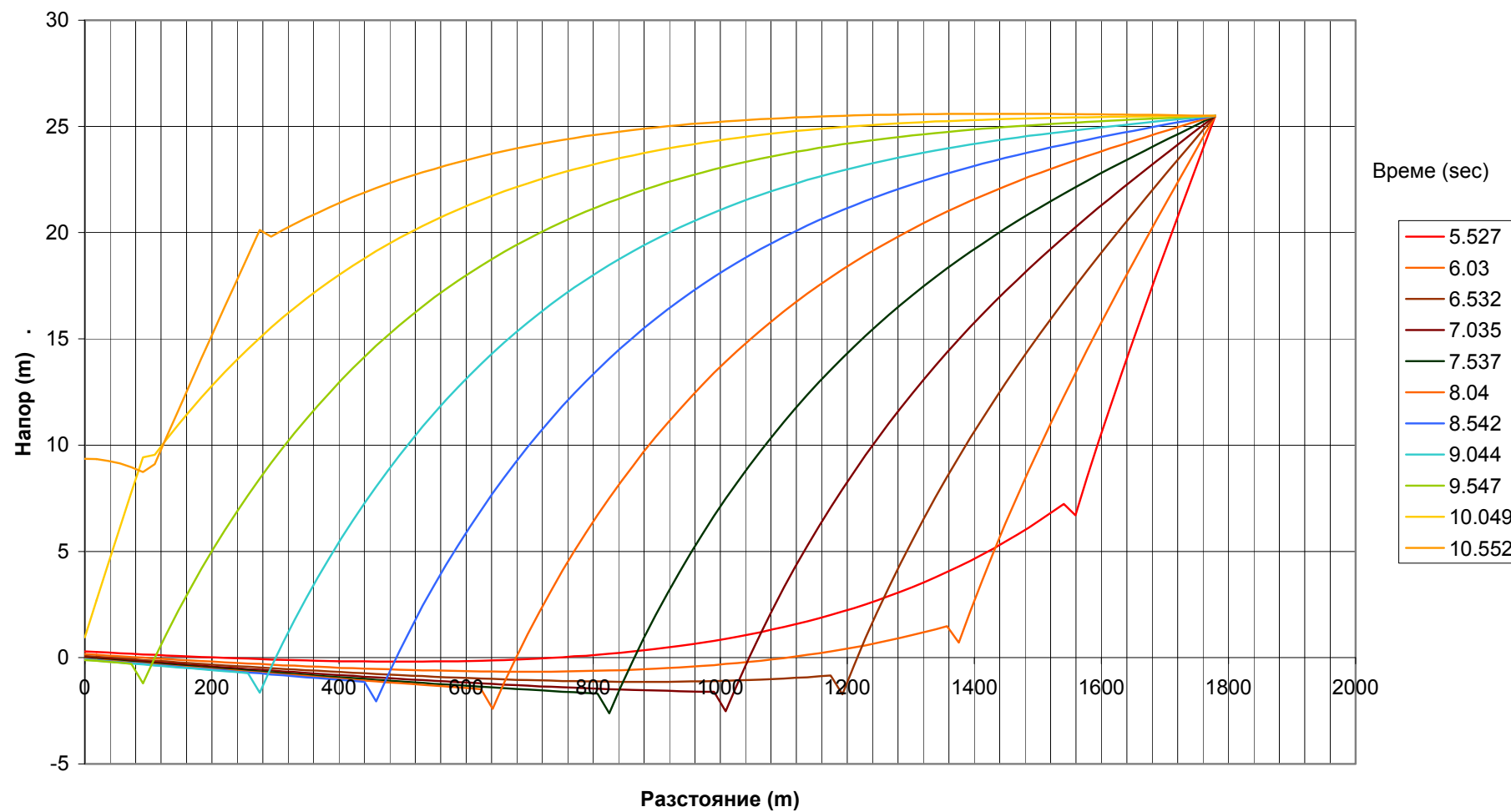
S – разстояние на съответната точка по дължина на тръбопровода,
H_{min} – минимален напор за периода на изчисление,
H_{max} – максимален напор за периода на изчисление.

Вижда се, че в участъка от тръбопровода между 1300 m и 1700 m се получава недопустимо понижение на напора, което ще предизвика поява на вакуум и разкъсване на струята, с което се потвърждават резултатите от аналитичното решение.

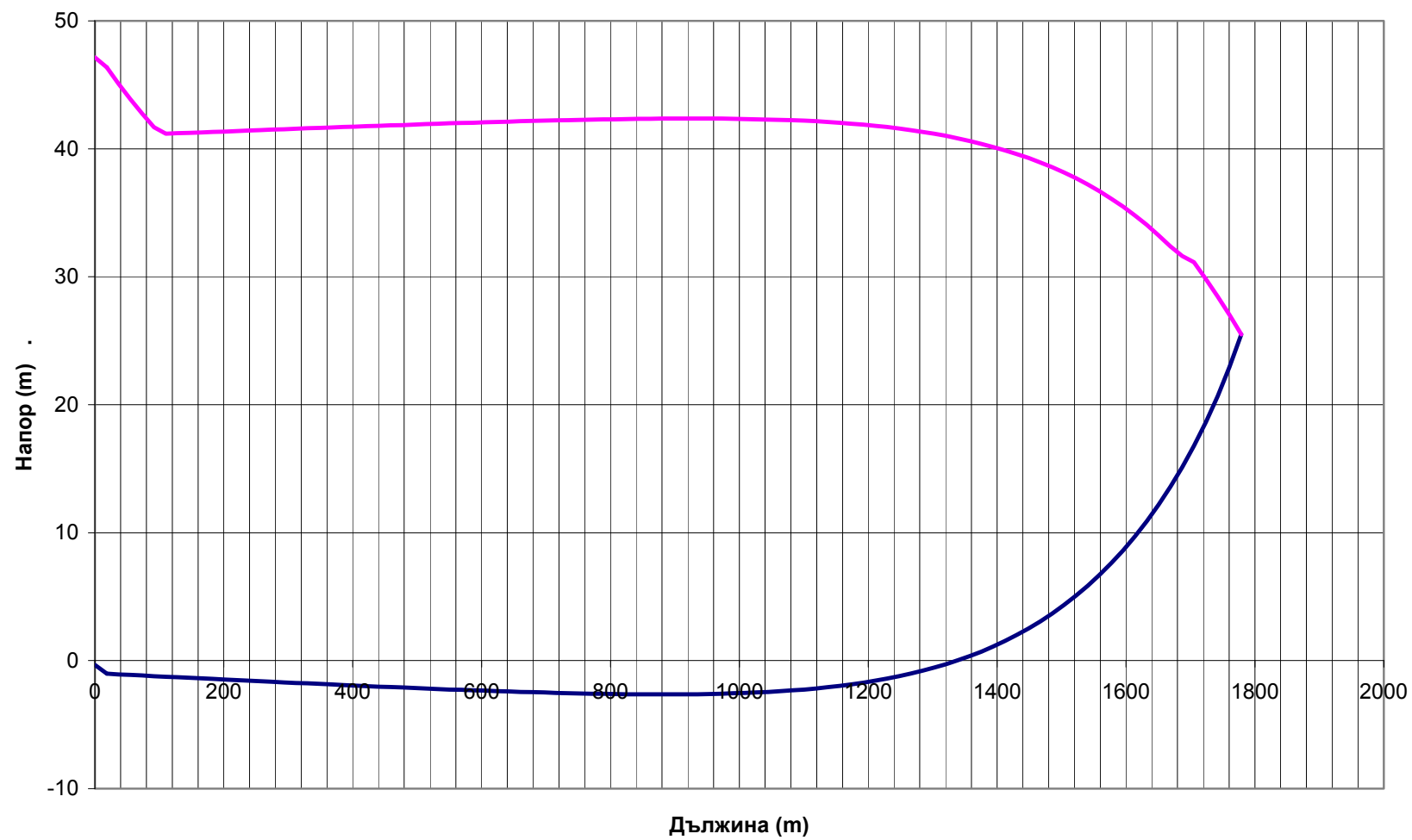
Разпространение на ударната вълна във времето



Разпространение на ударната вълна във времето



Обвивни линии на максималните и минималните напори по дължина на тръбопровода



Резултати от изчисленията за определяне стойностите на хидродинамичните напори с програма HIUD – помпа с обратна клапа и хидрофор с обем 1,00 m³ в началото на тръбопровода

За да бъдат редуцирани недопустимите понижения на налягането, които се почвяват в част от тръбопровода е възприето в началото на същия да бъде монтиран хидрофор с обем 1,00 m³. По-надолу са показани резултатите от изчисленията при наличие на това съпръжение. Както се вижда по цялата дължина на тръбопровода наляганията са по-големи от минималните допустими стойности.

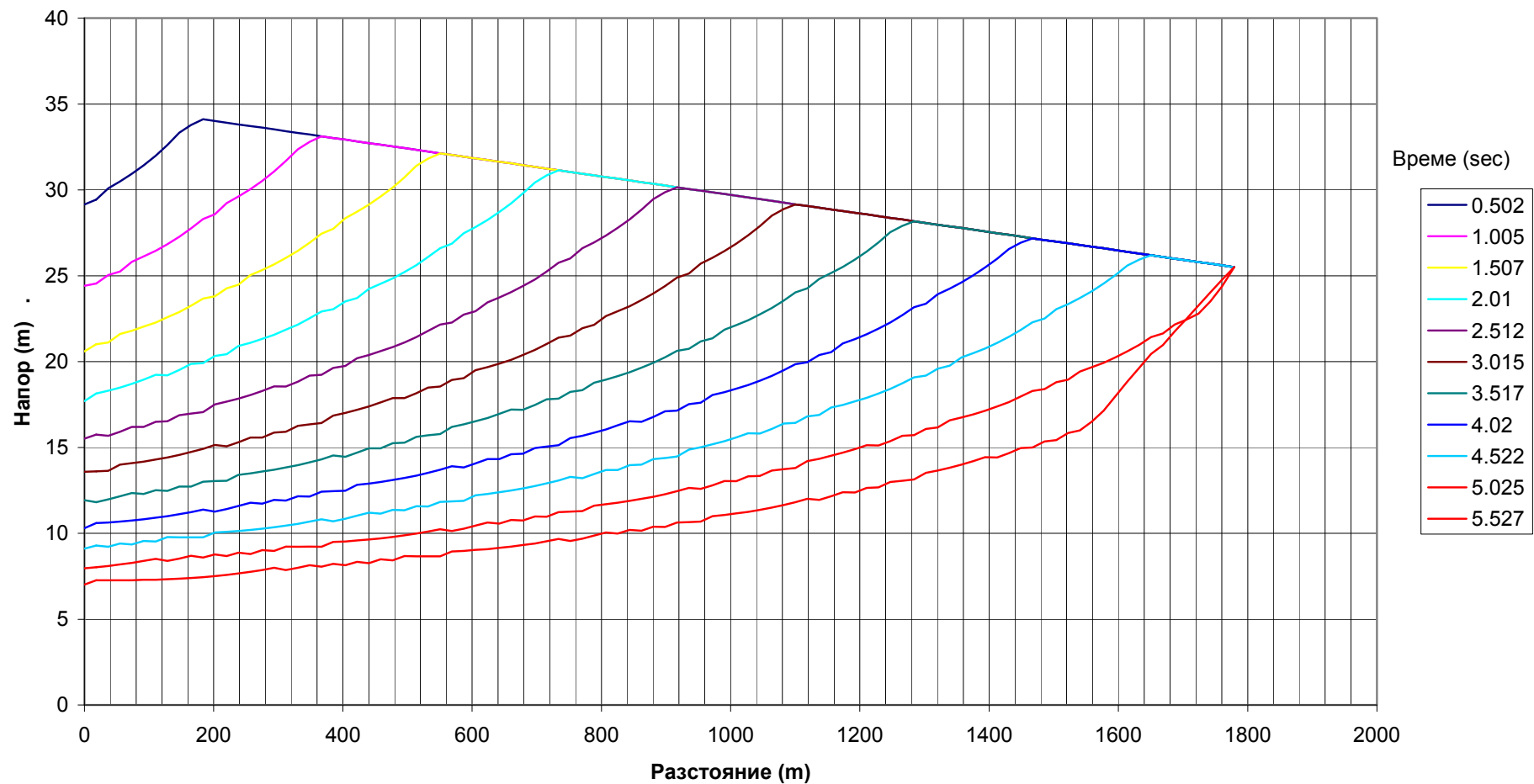
Таблица 2. Екстремални стойности на изчислените напори по отношение на водното ниво в резервоара на помпата при наличие на хидрофор с обем 1,0 m³.

S,m	Hmin,m	Hmax,m		S,m	Hmin,m	Hmax,m
0	-2.07	35.1		898.67	4.1	30.25
18.34	-1.88	35		917.01	4.27	30.15
36.68	-1.56	34.9		935.351	4.61	30.05
55.021	-1.4	34.8		953.691	4.86	29.95
73.361	-1.28	34.7		972.031	5.01	29.85
91.701	-1.15	34.61		990.371	5.3	29.76
110.041	-1.05	34.51		1008.711	5.52	29.66
128.381	-0.97	34.41		1027.052	5.67	29.56
146.722	-0.89	34.31		1045.392	5.9	29.46
165.062	-0.80	34.21		1063.732	6.31	29.36
183.402	-0.76	34.11		1082.072	6.4	29.26
201.742	-0.72	34.01		1100.412	6.67	29.16
220.082	-0.67	33.91		1118.753	6.97	29.06
238.423	-0.62	33.81		1137.093	7.26	28.96
256.763	-0.58	33.71		1155.433	7.57	28.86
275.103	-0.53	33.62		1173.773	7.92	28.77
293.443	-0.47	33.52		1192.113	8.04	28.67
311.784	-0.43	33.42		1210.454	8.39	28.57
330.124	-0.39	33.32		1228.794	8.73	28.47
348.464	-0.34	33.22		1247.134	9.08	28.37
366.804	-0.30	33.12		1265.474	9.46	28.27
385.144	-0.26	33.02		1283.814	9.81	28.17
403.485	-0.23	32.92		1302.155	10.08	28.07
421.825	-0.18	32.82		1320.495	10.55	27.97
440.165	-0.11	32.72		1338.835	10.86	27.88
458.505	-0.01	32.63		1357.175	11.2	27.78
476.845	0.17	32.53		1375.516	11.55	27.68
495.186	0.24	32.43		1393.856	12	27.58
513.526	0.46	32.33		1412.196	12.42	27.48
531.866	0.52	32.23		1430.536	12.95	27.38
550.206	0.75	32.13		1448.876	13.31	27.28

568.546	0.86	32.03		1467.217	13.8	27.18
586.887	0.89	31.93		1485.557	14.16	27.08
605.227	1.19	31.83		1503.897	14.81	26.98
623.567	1.35	31.74		1522.237	15.36	26.89
641.907	1.64	31.64		1540.577	15.81	26.79
660.247	1.71	31.54		1558.917	16.43	26.69
678.588	1.89	31.44		1577.258	16.87	26.59
696.928	2.06	31.34		1595.598	17.65	26.49
715.268	2.2	31.24		1613.938	18.06	26.39
733.608	2.23	31.14		1632.278	18.81	26.29
751.948	2.58	31.04		1650.619	19.59	26.19
770.289	2.9	30.94		1668.959	20.25	26.09
788.629	2.99	30.84		1687.299	21.01	25.99
806.969	3.07	30.75		1705.639	21.79	25.9
825.309	3.29	30.65		1723.979	22.7	25.8
843.649	3.49	30.55		1742.32	23.47	25.7
861.99	3.7	30.45		1760.66	24.38	25.65
880.33	3.75	30.35		1779	25.5	25.5

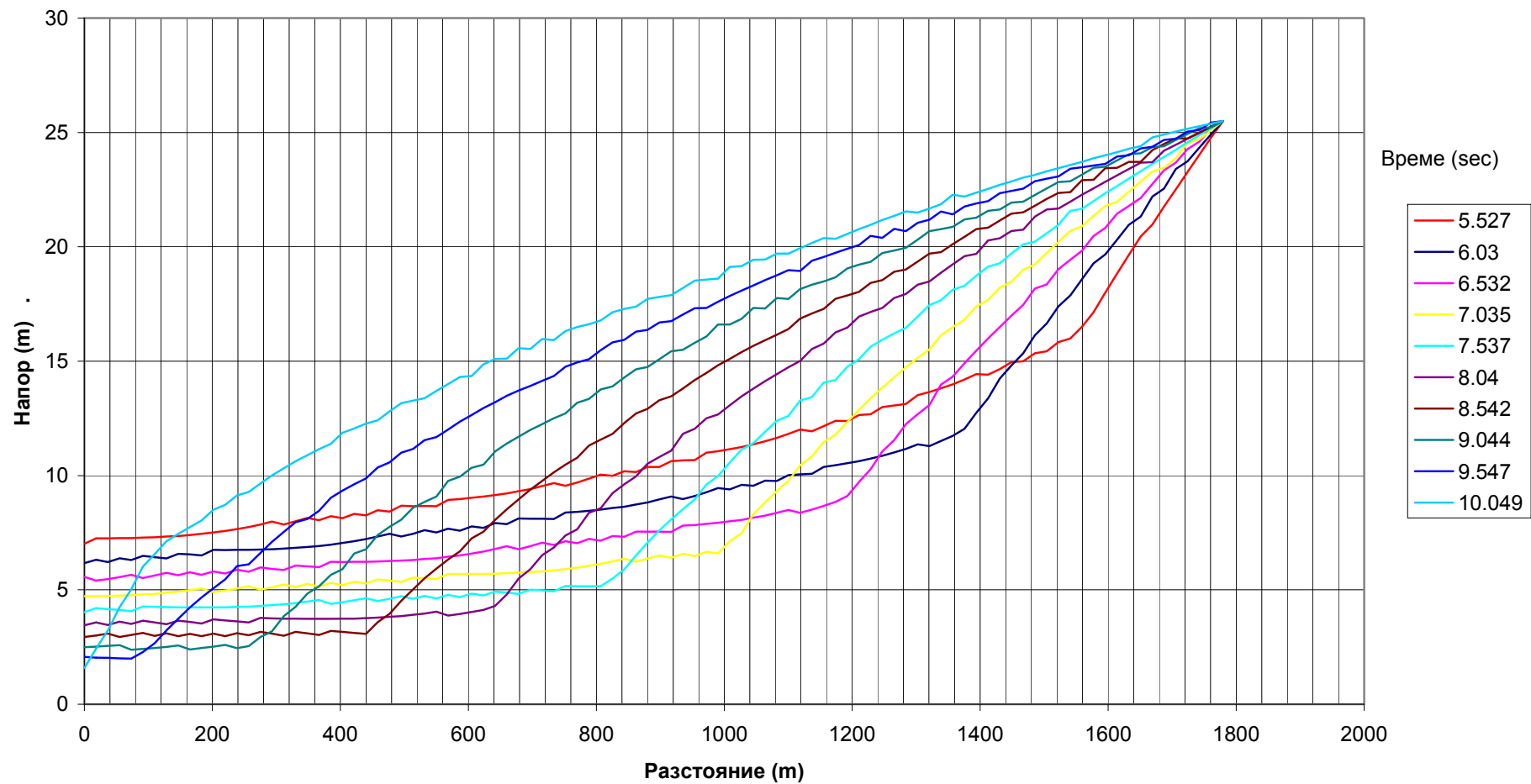
S – разстояние на съответната точка по дължина на тръбопровода,
 H_{min} – минимален напор за периода на изчисление,
 H_{max} – максимален напор за периода на изчисление.

**Разпространение на ударната вълна във времето при наличие на
хидрофор с общ обем 1,0 м3**



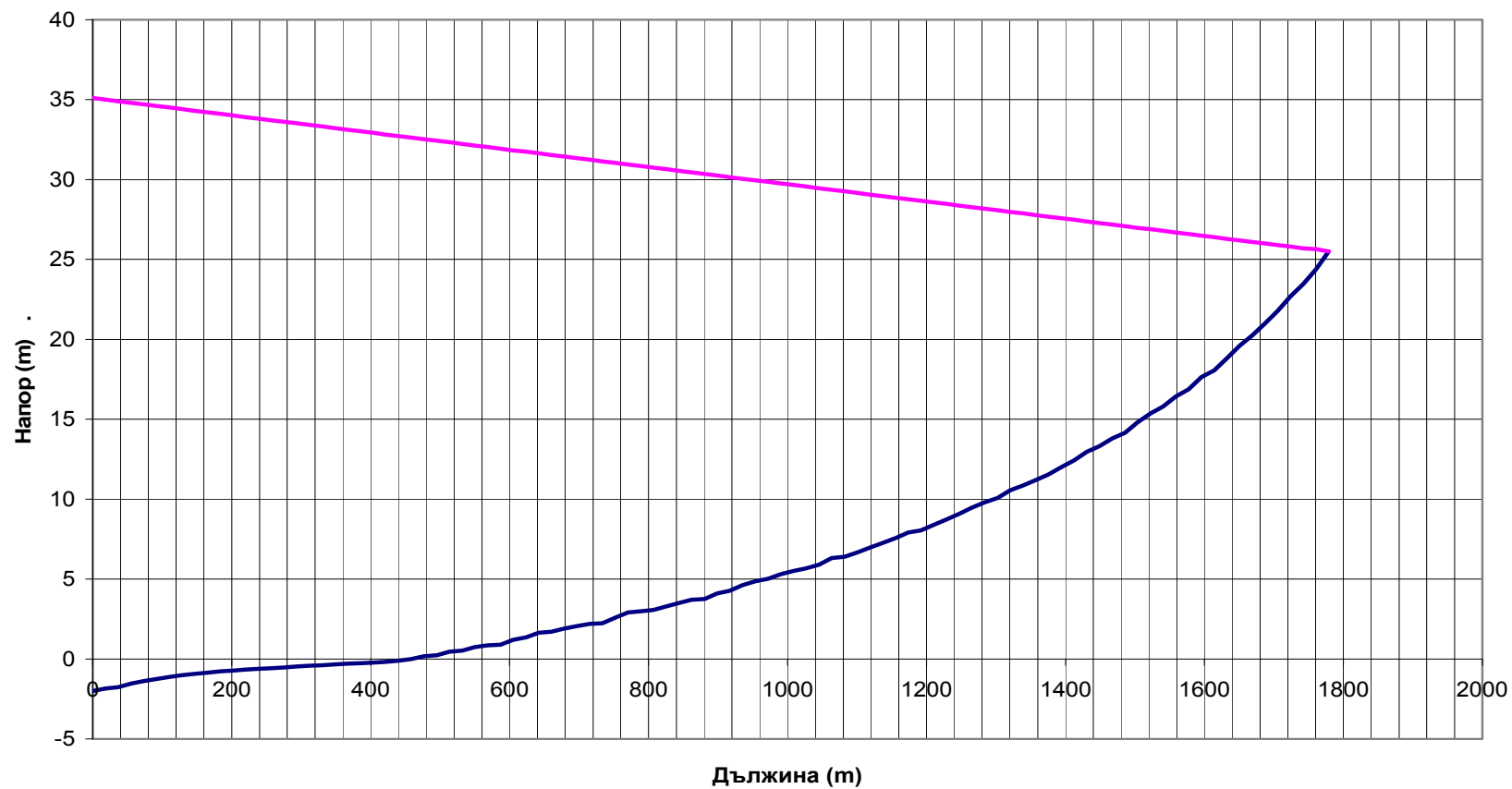
- ПОДОБРЕНИЕ НА ВОДНИЯТ ЦИКЪЛ НА гр.ШУМЕН - БЪЛГАРИЯ
- Лот №1 – Проект на мрежата.
- КАНАЛИЗАЦИОННА ПОМПЕНА СТАНЦИЯ „ДИВДЯДОВО”

**Разпространение на ударната вълна във времето при наличие на
хидрофор с общ обем 1,0 м³**



- ПОДОБРЕНИЕ НА ВОДНИЯТ ЦИКЪЛ НА гр.ШУМЕН - БЪЛГАРИЯ
- Лот №1 – Проект на мрежата.
- КАНАЛИЗАЦИОННА ПОМПЕНА СТАНЦИЯ „ДИВДЯДОВО”

**Обвивни линии на максималните и минималните напори по дължина на тръбопровода
при наличие на хидрофор с общ обем 1,00 м³**



Съставил:

/инж.П.Дойчинов/

- ПОДОБРЕНИЕ НА ВОДНИЯТ ЦИКЪЛ НА гр.ШУМЕН - БЪЛГАРИЯ
- Лот №1 – Проект на мрежата.
- КАНАЛИЗАЦИОННА ПОМПЕНА СТАНЦИЯ „ДИВДЯДОВО”