Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал)

ГИДРАВЛИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным занятиям для студентов направления

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Невинномысск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ÒÒõÕõœ‰õ 3
1 ₳₡‰ŁÕœ‰õ ‰ ¢ÕõÑ₳₮Õ ‰ȳÒõȷ‰q 4
2 ₳₡‰ŁÕœ‰õ ¢õȲ‰ɒ₳Ò ¢ÕõÑ₳₮¢ Łõ‡ŞœÒ₳ɒõ¢Õ 10
3 ɒõ₮₳Ò‰‡Õ ₡¢₳ÒõÕõœ‰q ȷÕõÑ₳¢Õ₮₳¢œ¢? ¢ÕõÑ₳₮ 12
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 1 ç‰ƀɘɑ3ɑəɔɑ ɐR∀ɗɑəɔł ɔ 3Rʒgəɐ‍R, ə‹ɛ3ɑɐɑɗɑəɔɑ 3ɑɒɔɘRɞɑɣɑəɔł ɒɔɐɖəʒɞɔè 12
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 2 ç‰ʒʒɗɑɐə∀Rəɔɑ əɑʒɞRGɔəəRɜəɦg ɛ3ə‹Gɑʒʒə∀ ɔʒɞɑɣɑəɔł ɒɔɐɖəʒɞɔ ɣɑ3ɑƀ ɐɔɐɖəʒɞɔ ɣɑ3ɑƀ ɐɔR ɠ 3Rɣɘ ɟ ɛə‹ɐ ɛɑ3ɑɘɑəəɦɘ əRɛə‹3ə‹ɘ)è 17
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 3 ç‰ʒʒɗɑɐə∀Rəɔɑ 3Rʒgəɐəə-ɛɑ3ɑɛRɐəə‹ɕ gR3Rɖɞɑ3ɔʒɞɔɖɔ ɐɘə‹ʒʒɑɗłè 22
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 4 ç₳ɛ3ɑɐɑɗɑəɔɑ ɖə‹ɩ ɠ ɠɔɢɔɑəɞə∀ ɘɑʒɞəɦg ɣɔɐ3R∀ɗɔɣɑʒɖɔg ʒə‹ɛ3əɞɔƳɗɑəɔɕè. 24
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 5 ç₳ɛ3ɑɐɑɗɑəɔɑ ɖə‹ɩ ɠ ɠɔɢɔɑəɞR ɣɔɐ3R∀ɗɔɣɑʒɖə‹ɣə‹ ɞ3ɑəɔł (ɖə‹ɩ ɠ ɠɔɢɔɑəɞR ÕR3ʒɔ)è 30
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 6 ç‰ʒʒɗɑɐə∀Rəɔɑ gR3Rɖɞɑ3ɔʒɞɔɖɔ ɤɑʒɞɑ3ɑəəə‹ɣə‹ əRʒə‹ʒR ɛ3ɔ 3Rŧəɞɑ ɑɣə‹ ʒə‹∀ɘɑʒɞəə‹ ʒ‹ ɛ3ɑɐə‹gɜRəɔɞɑɗɨəɦɘ ɖɗRɛRəə‹ɘè 35
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 7 ç‰ƀɟɣɑəɔɑ ɛ3ɔəɢɔɛR ɐɑɕʒɞ∀ɔł 3Rʒɛ3ɑɐɑɗɔɞɑɗł. ‰ʒʒɗɑɐə∀Rəɔɑ 3Rʒgəɐəə-ɛɑ3ɑɛRɐəə‹ɕ gR3Rɖɞɑ3ɔʒɞɔɖɔ 3Rʒɛ3ɑɐɑɗɔɞɑɗłè 41
ȷRŧə3Rɞə3əRł 3RŧəɞR ţ 8 ç₡ə‹ʒɞɜə‹ɑəɔɑ əRɛə‹3əə‹ɕ ɔ ɛɨɑƀə‹ɘ ɑɞ3ɔɣɑʒɖə‹ɕ ɗɔəɔɕ ɞ3ɟŧə‹ɛ3ə‹∀ə‹ɐRè 45

ВНИМАНИЕ! Перед началом эксплуатации изделия внимательно изучите эксплуатационную документацию, входящую в комплект поставки изделия.

ВВЕДЕНИЕ

фRзвалцаа зЈдаЎаезвЎа єзаеаRбаRуааа ађл азЎаазсл даэєдадвR Ју аґаа-дRґазRваззааўа азґазЈеаЎRасл çАзааЎђ ўсезRЎдсдс с ўсезаєзсЎаеRè єзаєаеRЎRвадлэс дRгаез с зRбзRґавдс сэс ааазґgаесэђg эRваЗсRдаЎ ађл єзаЎаеаасл дRґазRваззаЂg зRґавЎзааваЗасвЎсс з зRґаусэс єдRаRэс дRгаез. фR аRуRдіааэ івRєа Ўааезаасл азґазЈеаЎRасл Ў ЈуаґаЂв єзаGазз еRааЂв єзRдвсдЈэ сдс ауа авеадіаЂа гзRуэаавЂ эаўЈв ааєазззаезвЎааааа сзєадібаЎRвізл звЈеааввRэс єзс ЎЂєадааасс дRґазRваззаЂg зRґавв.

Комплект позволяет выполнять минимальный перечень лабораторных работ:

јRґазRваззаRл зRґавR т1 ç‚бэазаэса еRЎдаэсл с зRзgаеR, азєзаеадаэса заЗсэRвауаэсл Зседазвсè.

јRґазRваззаRл зRґавR т2 ç‚зздаеаЎRэса ааззRGсаэаRзаЂg єзаGазззаЎ сзвауаэсл Зседазвс ўазаЗ ўсезаезаззаді (сзвауаэса ўазаЗ ЕсRгзRўэЈ єае єазаэаааЂэ эRєазаэ)è.

јRґазRваззаRл зRґавR т3 ç‚зздаеаЎRэса зRзgаеаа-єазаєRеааєв gRзRдвазсзвсдс езаззадлè.

јRґазRваззаRл зRґавR т4 çАєзаеадаэса дэіг гсGсааввЎ эазвЂg ўсезRЎдсўазздсg зааєзавсЎдаэсвè.

јRґазRваззаRл зRґавR т5 çАєзаеадаэса дэіг гсGсааввR ўсезRЎдсўазздаўа взаэсл (дэіг гсGсааввR ÖRззс)è.

јRґазRваззаRл зRґавR т6 ç‚зздаеаЎRэса gRзRдвазсзвсдс эRзазR єзс зRґавЗа ауа заЎэазвааз єзаеазgзRэсвадіЂэ дфRєRааэè.

јRґазRваззаRл зRґавR т7 ç‚бЈўаэса єзсэGсєR еаєзвЎсл зRзєзаеадсвадл. ‚зздаеаЎRэса зRзgаеаа-єазаєRеааєв gRзRдвазсзвсдс зRзєзаеадсвадлè.

јRґазRваззаRл зRґавR т8 çСазвзэаэса эRєазээає с єіабэаввазўазздає дсэсє взЈґаєзэЎаеR.

1 ОПИСАНИЕ И РАБОТА ИЗДЕЛИЯ

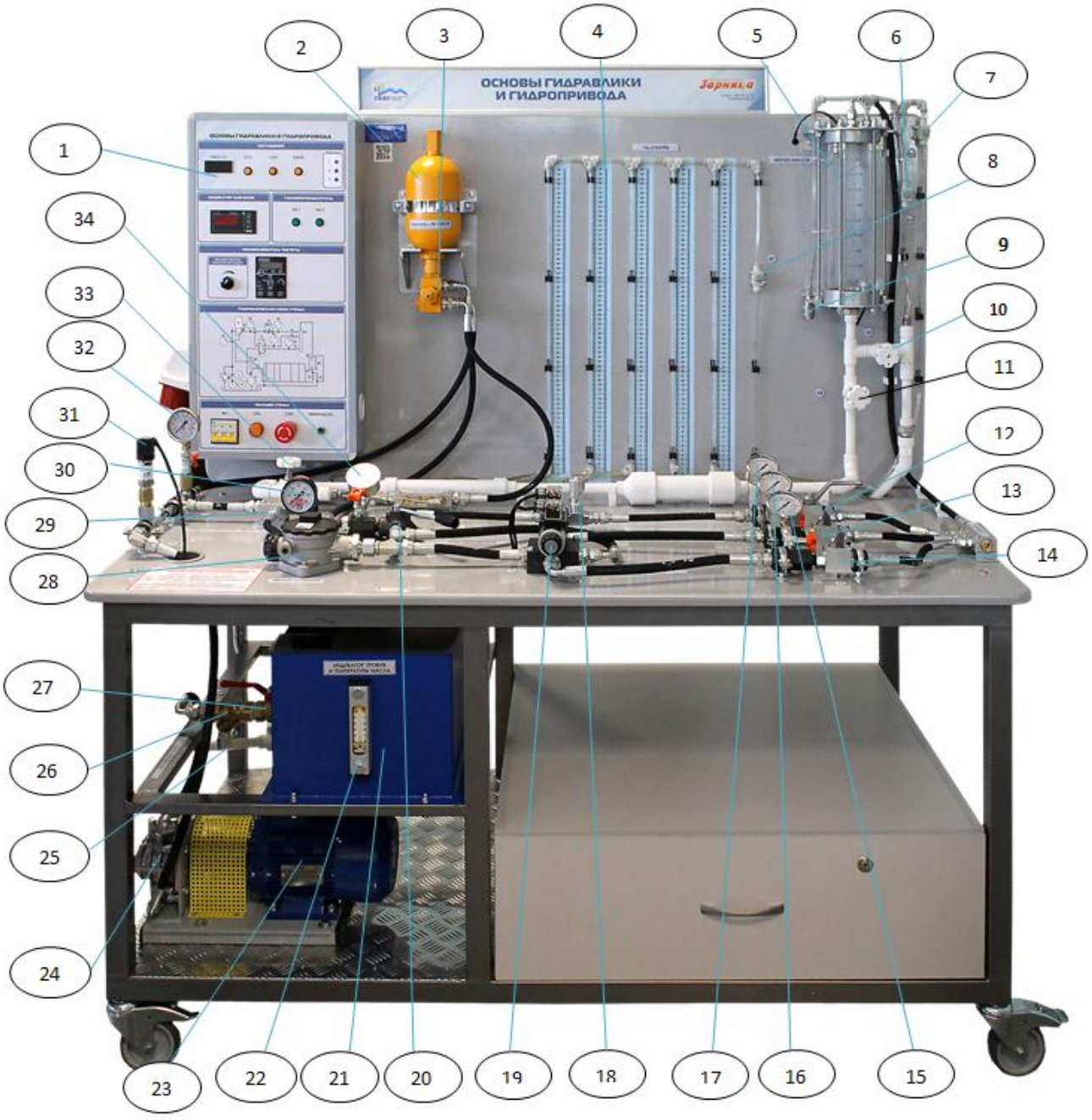
Ѣаэєdадвѓ ѓуагаа-dRгазRваэааўа агазѓеаЎRасѓ çѦзааЎђ усвзRЎdсdс с усвэаєзсЎаъRѐ, єзсзѓцс эdаеѓі цса dRуазвЎR:

R) *универсальность*, dаваэRѓ ЎђзRъRавзѓ Ў Ўаьэаъааэзвс Ўаэзєзасьуаъаасѓ аа ваdіdа гRьаЎђg ідзєазсэаавеаЎ, аа с гаdаа ѵсзаdаўа dзѓуR ьRъRу эаъадсзаЎRасѓ усвзRЎdсуазdсg эсзваэ.

г) *гибкость*, dаваэRѓ агазєаусЎRавзѓ Ўаьэаъааэзвііі зѓуааєаdаэсdс ваэгѓаэаєdаэdѓсѓзRсссdаэсdєdадвR ээагзRьааэ ьRъRуRэсdRъаўа dаэdзавеаўа ідзєазсэаавR

Ў) *наглядность результатов работы*

у) *современный дизайн* dаэєdадзR э ѓуавеэ взагаЎRасєі изўаэаэсdс, сэъаэазааєєзэgаdаўсс с изваесdс.



ѓсэѓеаdаѓеагеа ѳаъєзєзвЎа аѓазѓеаЎRасѓ - 1 ьеѓсэ

òвα (ʒ-ə. зсʒ-ɟəə-ɖ 1):

1. ÕɖəɖεсϐRəсɬ с ɟε3ЯƳɖαəсɬ.
2. ₡əαƳəə-ɣсвзə-Rɖɖɟəɟɖɬϐə-з ʒ-ɣсвзə-ɖɖRεRəRəс (64000 Õ).
3. ÕɖəɖɖRεRəə-Ƴ (64011).
4. ₡і-αɓə-əαϐзɦ.
5. ɖbαзəRɬ αəɖə-ʒ-ϐіʒ-ə ɣɖRɖə-ɕ.
6. ɬ3Rə εαзαɖсƳəə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ11).

ВНИМАНИЕ! Кран К11 переливной магистрали закрывается только при подключении пневмонасоса к БРС поз.9, во всех остальных случаях кран должен быть открыт во избежание избыточного давления в колбе мерной емкости поз.5 !!!

7. ɬ3Rə Ƴə-ɓвɟɣəə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ8).
8. ɬ3Rə зαɣɟɖсзə-Ƴɖс вRƳɖαəсɬ εі-αɓə-əαϐзə-Ƴ (ɬ7).
9. Õ₡Ł вɖɬ εə-вɖɖɪɣαəсɬ εəαƳəə-əRʒ-ə3-R.
10. Òαəϐсɖі ʒ-ɖсƳəə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ6).
11. Òεɟʒ-ɖəə-ɕ Ƴαəϐсɖі εі-αɓə-əαϐзсɣαʒ-ɖə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ4).
12. ɬ3Rə ɣRзə-Ƴɦɕ вз-ə-ʒ-αɖіəə-ɣə ɟɣRʒ-ϐɖR (ɬ1).
13. ɬ3Rə ɣRзə-Ƴɦɕ ɟʒ-ɣRʒ-ϐɖR Ò ɣсвзə-зRʒ-ε3αвəɖсϐαɖɬ (ɬ2).
14. ɬ3Rə ɣRзə-Ƴɦɕ ɟɣRʒ-ϐɖR Õ ɣсвзə-зRʒ-ε3αвəɖсϐαɖɬ (ɬ3).
15. ɖbRəə-əαϐз ɟʒ-ɣRʒ-ϐɖR Õ ɣсвзə-зRʒ-ε3αвəɖсϐαɖɬ (ɖb5).
16. ɖbRəə-əαϐз ɟʒ-ɣRʒ-ϐɖR Ò ɣсвзə-зRʒ-ε3αвəɖсϐαɖɬ (ɖb4).
17. ɖbRəə-əαϐз вз-ə-ʒ-αɖіəə-ɣə ɟɣRʒ-ϐɖR (ɖb3).
18. Õ3ə-ʒ-αɖі (VRFU 90).
19. òсвзə-зRʒ-ε3αвəɖсϐαɖі (Òõ 6.64).
20. ɬ3Rə ϐ3αggə-вə-Ƴə-ɕ.
21. õRɖ.
22. Ɫəвсɖ₹ϐə-з ɟзə-Ƴəɬ с ϐαəεαзRϐɟзɦ (ʒ-αзсɬ HL91).
23. ÕƳсɣ₹ϐαɖі (Õɫɖɕ 80 Õ2).
24. ɸRʒ-ə-ʒ ɣαʒ-ϐαзααəɦɕ ɸU 10Ş3.
25. ɬ3Rə ɣRзə-Ƴɦɕ əR ʒ-ɖсƳəə-ə εRϐ3ɟɾɖα (ɬ10).
26. ʐсɖіϐ3 ʒ-αϐɣRϐɦɕ.
27. ɬ3Rə ɣRзə-Ƴɦɕ εə-вR ɪ ɥ αɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ9).
28. ʐсɖіϐ3 ʒ-ɖсƳəə-ɕ ʒ- ɓRɖсƳəə-ɕ ɣə-зɖə-Ƴсəə-ɕ (RFA 230).
29. ɬ₹RεRə ε3αвə-g3Rəсϐαɖіəɦɕ (VMD 20 02 Õ).
30. ɖbRəə-əαϐз- сəвсɖ₹ϐə-з ɓRɣзɬɓəαəсɬ ʒ-ɖсƳəə-ɣə- gƱсɖіϐ3R (ɖb6).
31. ÕRϐɣсɖ вRƳɖαəсɬ (Õ).
32. ɖbRəə-əαϐз əRεə-зəə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɖb1).
33. Òɦεɟʒ-ɖəə-ɕ Ƴαəϐсɖі εі-αɓə-əαϐзсɣαʒ-ɖə-ɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ (ɬ5).
34. ɖbRəə-əαϐз εə-вR ɪ ɥ αɕ əRɣсʒ-ϐ3RɖсƱ əR Ƴɦgə-вα Õ ɣсвзə-Rɖɖɟəɟɖɬϐə-з3R (ɖb2).

Для справки характеристики рабочей жидкости: масло гидравлическое марки А:

- **Плотность (при 20°С): 0,89**
- **Кинематическая вязкость (при 40°С): 30,0-45,0**
- **Температура вспышки в открытом тигле: не ниже +175°С**
- **Температурный интервал применения: до −40°С**

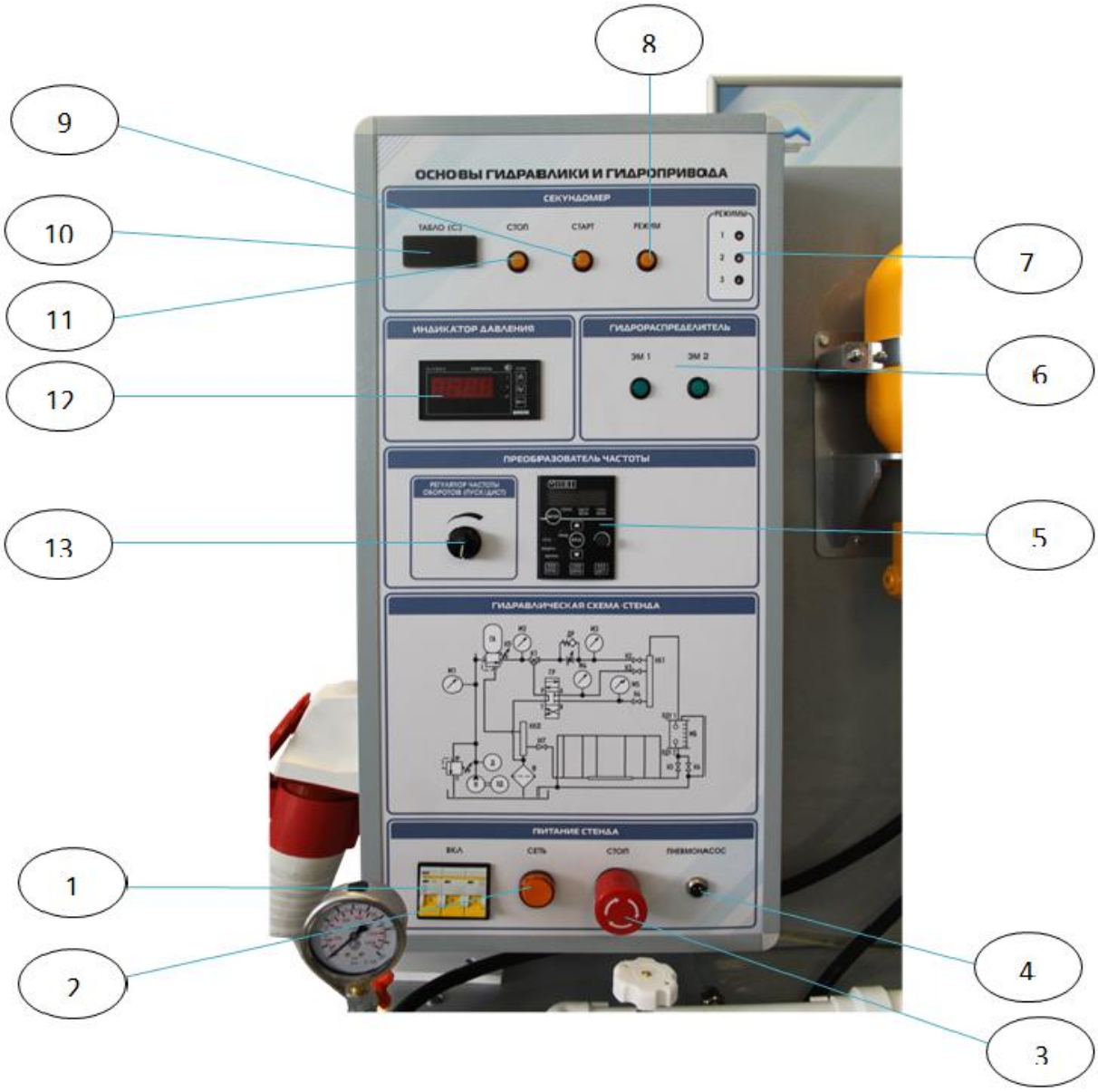


Рис. 2 - Общий вид стенда

Поз. (см. рис. 2):

1. Манометр ДМ2.
2. Кран - распределитель.
3. Манометр ДМ1 (0-6 кгс/см²).
4. Пневмонасос (12В).
5. Преобразователь частоты ПЧ1 (0-50 Гц), ПЧ2 (0-50 Гц), ПЧ3 (0-50 Гц) для управления электродвигателями М1, М2, М3 соответственно.
6. Гидрораспределитель ГР1 (ГР2, ГР3) для управления гидроцилиндрами Ц1 (Ц2, Ц3) соответственно.
7. Переключатель режимов работы электродвигателей М1, М2, М3.
8. Индикатор давления ИД1 (ИД2, ИД3) для измерения давления в напорных гидролиниях Н1 (Н2, Н3) соответственно.

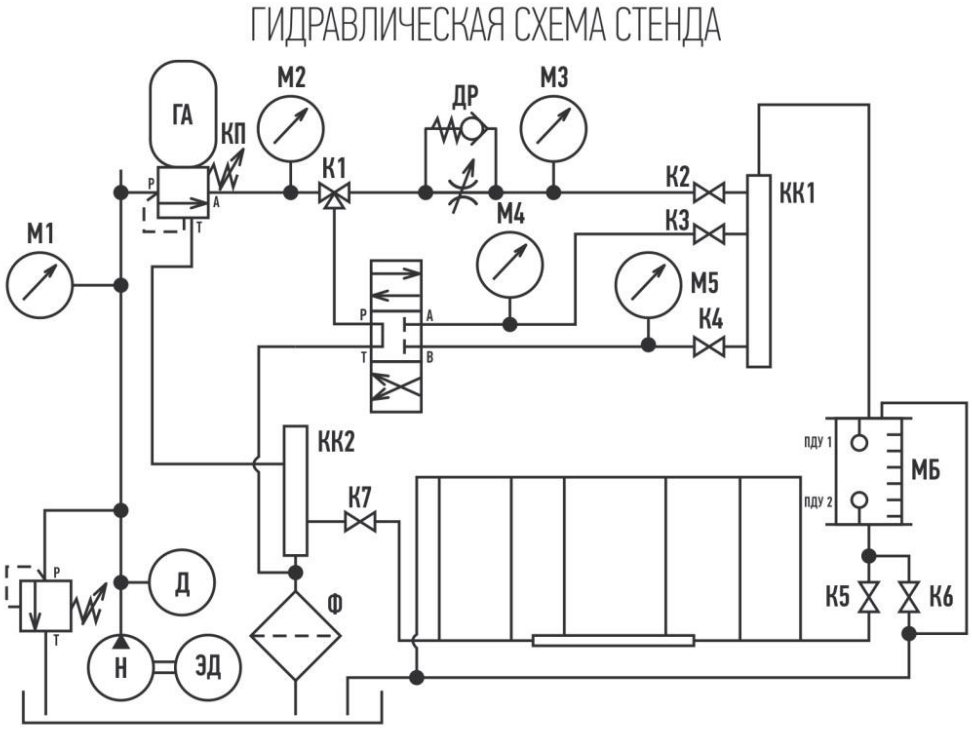
9. Кнопка çЬЛÕ¢Лè вдЬ бRеЈзdR зadЈэвеэеазR. **Кнопка также запускает приводной двигатель при режиме «ПУСК/ДИСТ», установленном на панели преобразователя частоты.**

10. Ј эвсdRвэз евdRбRэсе зadЈэвеэеазR.

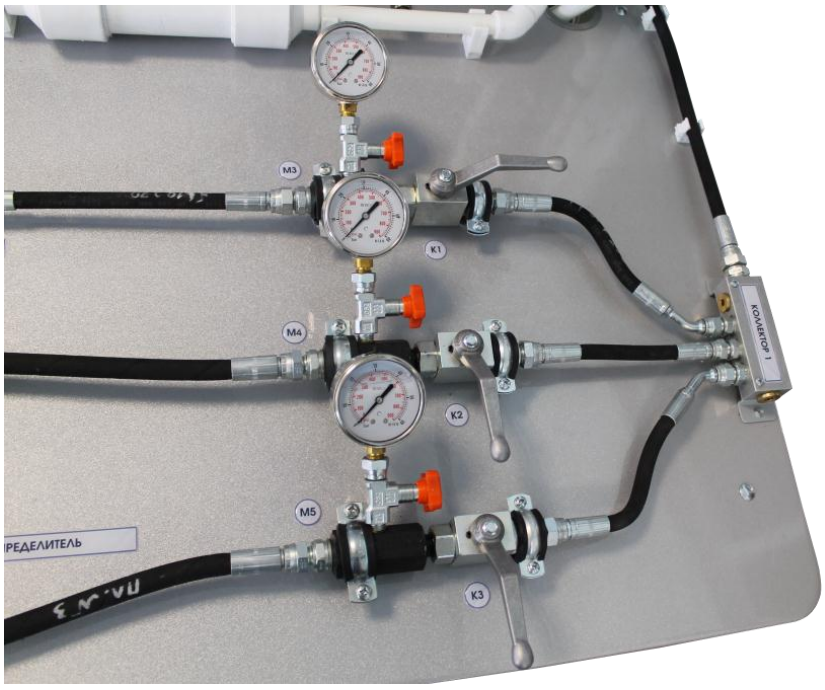
11. Кнопка çЬЛАС/ЬÕ¢АЬè вдЬ эзвRээЎdс зadЈэвеэеазR с зґзэзR евdRбRвадае зadЈэвеэеазR.

12. Ј бэеазсвадіь вRЎdаэсЬ (dbCR.).

13. ¢аэзвRв - зауЈдЬвэз ўRзвэвђ ЎзR цаэсЬ езсЎэвээуэ вЎсуRвадЬ езс заасэеа ЄşЬк/ÕЈ ЬЛ, ЈзвRээЎdаэээеэ эR еRэадс езаэґзRбэЎRвадЬ ўRзвэвђ.



¢сзЈээd 3 - z Јэdсэээ RdіэRЬ зgа эR dэ еdадвR



¢сзЈээd 4 - ȯзЈззR эRэээавзэЎ с ЎRзэЎђg dзRээЎ эR Ўђgэ∨а эRеэзэђg эRуссзвзRdае

Рисунок 5 - Общий вид гидрораспределителя

Рисунок 6 - Общий вид дросселя

Рисунок 7 - Общий вид крана трехходового

Рисунок 8 - Фильтр сливной и предохранительный гидроклапан

Рисунок 9 - Предохранительный гидроклапан, коллектор 2

2 ОПИСАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕКУНДОМЕРА

Режим 1. Индикатор показывает, что секундомер работает в режиме 1. Для запуска секундомера нажмите кнопку СТАРТ, для остановки – кнопку СТОП. Секундомер может измерять время от 0 до 999.990 секунд, затем показания обнуляются. При работе в режиме 1 кнопка СТАРТ/ДИСТ не работает. Для обнуления показаний нажмите кнопку СБРОС. Для работы в режиме 1 переключатель режимов должен находиться в положении 1.

Режим 2. Индикатор показывает, что секундомер работает в режиме 2. Для запуска секундомера нажмите кнопку СТАРТ, для остановки – кнопку СТОП. Для обнуления показаний нажмите кнопку СБРОС. Для работы в режиме 2 переключатель режимов должен находиться в положении 2. Для запуска насосной установки нажмите кнопку СТАРТ/ДИСТ, для остановки – кнопку СТОП. Индикатор показывает время работы насосной установки. Для работы в режиме 2 переключатель режимов должен находиться в положении 2.

Режим 3. Индикатор показывает, что секундомер работает в режиме 3. Для запуска секундомера нажмите кнопку СТАРТ, для остановки – кнопку СТОП. Для обнуления показаний нажмите кнопку СБРОС. Для работы в режиме 3 переключатель режимов должен находиться в положении 3. Для запуска насосной установки нажмите кнопку СТАРТ/ДИСТ. Для остановки – кнопку СТОП. Индикатор показывает время работы насосной установки. Для работы в режиме 3 переключатель режимов должен находиться в положении 3.

ВНИМАНИЕ! В режиме 2 кнопка СТАРТ запускает приводной двигатель насосной установки, если частотный преобразователь находится в режиме «ПУСК/ДИСТ». Частота, скорость вращения двигателя при этом регулируется потенциометром регулировки частоты вращения поз.13 на рисунке 2.

Режим 3. Индикатор показывает, что секундомер работает в режиме 3. Для запуска секундомера нажмите кнопку СТАРТ, для остановки – кнопку СТОП. Для обнуления показаний нажмите кнопку СБРОС. Для работы в режиме 3 переключатель режимов должен находиться в положении 3. Для запуска насосной установки нажмите кнопку СТАРТ/ДИСТ. Для остановки – кнопку СТОП. Индикатор показывает время работы насосной установки. Для работы в режиме 3 переключатель режимов должен находиться в положении 3. Для запуска насосной установки нажмите кнопку СТАРТ/ДИСТ. Для остановки – кнопку СТОП. Индикатор показывает время работы насосной установки. Для работы в режиме 3 переключатель режимов должен находиться в положении 3.

Требования безопасности при работе со стендом

1. Ćaзaе əRɣRdə-ə зRғə-ɕђ з-ɕaəe əaə-ғgə-ec ə ə-ƀRƀa ə dcɕi.

Ćзc ϒqdɪɣaəcc з-ɕaəeR (ɕə-dіqə- ezc ƀRdcɕə-ə ϒ ɣcezə-ғRq əaə-ғgə-ec ə ə-ə qə-dcɣaз-ɕϒa əRз-dR) ɻғaecɕіs-ł ϒ з-ə-ə-ɕϒaɕз-ɕϒcc əRɛзRϒdaəcc ϒзRцaəcł qRaeə-ɣə- əRз-ə-зR з-ə- з-ɕзadqə-ɕ əR qə-aɻga. Ćзc əaϒaзəə-ə əRɛзRϒdaəcc ϒзRцaəcł - ɛə-ə aəłɕі gRƀcзə-ϒqɻ (əRcғə-daa ezə-з-ɕə- ezc ə-ɕqdɪɣaəə-ə ə-ɕ з-aɕc з-ɕaəea ϒ qdaə ə ə-ə-ɕ qə-зə-ғqa əRз-ə-зR ɛə-ə aəłɕі ə az-ɕRə c əR qdaə ə əcqa eϒR dɪғђg gRƀəђg ezə-ϒə-eR ə-ɕ qRғadł ɛə-eqdɪɣaəcł əRз-ə-зR).

3. Ćзc ϒђɛə-dəaəcc dRғə-зRɕə-зəђg зRғə-ɕ ƀRɛзaцRaɕз-ł ϒqdɪɣRɕі з-cdə-ϒə-a ə-ғə-зɻeə-ϒRəca ғaƀ зRƀзaɤaəcł ezaɛə-eRϒRɕadł cdc dRғə-зRəɕR.

4. ɻ зRғə-ɕa əR dRғə-зRɕə-зəђg з-ɕaəeRg eə-ɛɻ-qRɪɕз-ł з-ɕɻeaəɕђ, cəaɪцca ɕaə-zaɕcɣaз-dɻɪ ɛə-eɣə-ɕə-ϒdɻ ɛə- ecз-gcɛdcəa çȯcezə-ɣRƀə-ecəRəcqRè, ezə-ɤaeɤca cəз-ɕзɻdɕRa ɛə-ɕagəcda ғaƀə-ɛRз-əə-ɕc.

ВНИМАНИЕ! Во всасывающем трубопроводе насоса установлен шаровый кран (К9). При выполнении всех лабораторных работ этот кран должен быть открыт. Кран закрывается только на время работ по техническому обслуживанию стенда.

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа №1 «Измерение давления и расхода, определение режима течения жидкости»

Цель работы: освоить методику измерения давления и расхода, определение режима течения жидкости.

Общие сведения

Гидравлические параметры, такие как скорость, давление и т. д., являются функциями координат точки пространства и времени. Если параметры не зависят от времени, движение называется установившимся, в противном случае – неустановившимся.

Объемный расход жидкости, протекающей через живое сечение, определяется по формуле:

$$Q = V \cdot S, \quad (1)$$

где Q – объемный расход;

V – средняя скорость;

S – площадь живого сечения.

Массовый расход жидкости, протекающей через живое сечение:

$$Qm = Q \cdot \rho, \quad (2)$$

где Qm – массовый расход;

ρ – плотность жидкости.

Для определения, в какой области гидравлики (гидростатика, гидродинамика) изучается движение жидкости: капельная (Re), струйная (Re3) и струйная (e3); в зависимости от характера движения (ж), турбулентное (т), переходное (п).

Переход ламинарного режима движения в турбулентный называется критическим, турбулентного в ламинарный – обратным критическим. Критическое число Рейнольдса (Re), турбулентного (Re), обратного критического (кRe).

Для круглых труб, заполненных потоком, критическое число Рейнольдса равно 2300, турбулентного – 4000.

Отношение критического числа Рейнольдса к обратному критическому:

$$K = K/\rho, \quad (3)$$

где К – критическое число Рейнольдса;

К – обратное критическое.

Для определения режима движения жидкости (ламинарный, турбулентный) используется безразмерная величина, называемая числом Рейнольдса (Re), которое характеризует соотношение сил инерции и сил вязкости (Re).

Основной вид потерь напора в трубопроводах – потери напора по длине, возникающие в результате трения жидкости о стенки трубопровода. Они пропорциональны длине трубопровода и зависят от скорости и режима движения жидкости. Для ламинарного режима движения, при котором частицы жидкости движутся по параллельным траекториям (при Re < 2300), потери напора по длине

Для ламинарного режима движения, когда частицы жидкости движутся по параллельным траекториям, потери напора пропорциональны скорости в первой степени. Для турбулентного режима, когда частицы жидкости движутся по сложным траекториям, потери напора пропорциональны скорости в степени от 1,75 до 2.

Для определения режима движения жидкости, Рейнольдс предложил использовать безразмерный параметр, который называется числом Рейнольдса. Число Рейнольдса определяется по формуле:

$$Re = \frac{v * d}{V} \quad (4)$$

где v – средняя скорость потока (м/с);

d – характерный линейный размер, например диаметр трубы;

V – кинематическая вязкость жидкости.

Экспериментально установлено, что при Re=2320 происходит переход ламинарного режима в турбулентный, а при Re=10000 турбулентный режим становится развитым. В интервале 2320 < Re < 10000 существует переходная область, в которой режим движения может быть как ламинарным, так и турбулентным.

Критическое число Рейнольдса (2320–10000) зависит от многих факторов. Для каждого конкретного случая, оно определяется экспериментально. Для круглых труб, при движении в них жидкости с числом Рейнольдса (Re=2320) и средней скорости, это значение называется критической скоростью.

Из формулы (1) можно получить формулу для определения критической скорости, при которой происходит переход ламинарного режима в турбулентный:

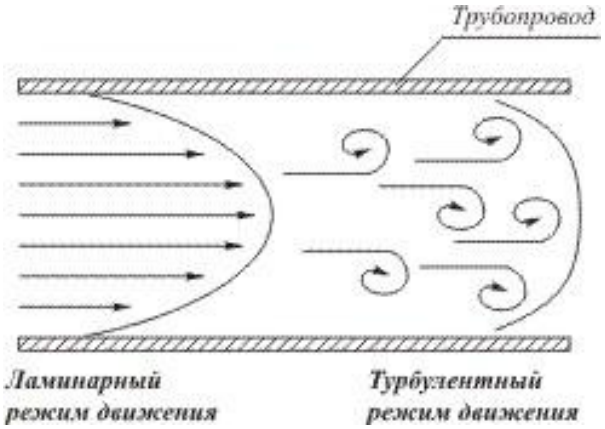
$$V_{кр.} = \frac{2320 * V}{d} \quad (5)$$

Для круглых труб, при Re=10000, можно получить формулу для определения скорости, при которой происходит развитый турбулентный режим, называемую верхней критической скоростью, и определяется по формуле:

$$V_{в.кр.} = \frac{10000 * V}{d} \quad (6)$$

Переход ламинарного режима в турбулентный и обратно происходит в трубах различного сечения (круглое, овальное, эллиптическое и т.д.), и для каждого из них существуют свои критические скорости.

Ò ƒəđiɤɔəɜ⊂Ɣa ɜđɟɣRaƳ ɛɜɔ ƱƳɔɒɑəɔɔɔ Ɣəɑɦ ɔđɔ ɛɜɟƴɔg ɒɔɐđəɜ⊂ɑɛ ɛɜɔɘɑɜəəɑ ⊂əɛ ɒɑ Ɣɬɒđəɜ⊂ɔ (ƒđɔɒđəɛ đ Ò =10^{-6} əİ/ɜ) ɔəɑɑ⊂ əɑɜ⊂ə ⊂ɟɜɾɟđɒəɔəɦɛ ɜɑɒɔə ƱƳɔɒɑəɔɬ.



¢ɔɜɟəəđ 1

Описание опытной установки

Ⱥƒɦɑđ⊂əə ɔɜɜđɑɐəƳRəɔɬ ɬƳđɬɑ⊂ɜɬ əRɛəɜəɦɛ ⊂ɜɟƒəɛəɜƳəɐ ɜ ɟɜ⊂RəəƳđɑəəɦə Ɣ əɑə ɐɜəɜɜɑđɑə ɛəɓ.18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ.6. ɬəəɜ⊂ɜɟđ⊂ƱƳəɦɑ ɛRɜRəɑ⊂ɜɦ ɪ⊂əɣə ⊂ɜɟƒəɛəɜƳəɐR ɜđɑɐɟɪɥɔɑ: Ʋəɟɛɜɑəəɔɛ ɑɔRəɑ⊂ɜ 8 ə ə, ɐđɔəɦ ɟɣRɜ⊂đəƳ ⊂ɜɟƒəɛəɜƳəɐR: ɛɑɜɑɐ ɐɜəɜɜɑđɑə = 400 ə ə, ɓR ɐɜəɜɜɑđɑə = 400 ə ə.

ɬ ɐƳɟə ɜɑɣɑəɔɬə ⊂ɜɟƒəɛəɜƳəɐR ɛəɐđđɪɣɑəɦ əRəəəɑ⊂ɜɦ: ⊂b2, ⊂b3 ɛəɓ. 17 ɔ 34 əR ɜɔɜ. 1

Порядок выполнения работы

1. Ȯəɔə Rɛɑđɪəəɑ ɔɓɟɣɔɛɪ ɟɜɛɜəɛɜɛƳəɑ ɔ ɜRƒəɛɟ ɜɛɑəɐR, R ɛRqɒɑ ɛɑəɜɑɛɔɣɑɜđɟɪ ɔ ɛɜRqɛɔɣɑɜđɟɪ ɣRɜɛɔ ɛəɜɬɐđR ɛɜəƳɑɐɑəɔɬ đRƒəɜRɛəɜəəɑɛ ɜRƒəɛɦ ţ 1 ɜəɣđRɜəəɑ əRɜɛəɬɥɔə çđɒɑɛəɑɔɣɑɜđɔə ɟqRɓRəɔɬəè.

2. Ş ƒɑɐɔɛɪɜɬ, ɣɛəɑ ɟɜ⊂RəəƳqR ɣəɛəƳR q ɜRƒəɛɑ:

- ƒRq ɐđɬ ɜRƒəɣɑɛ ɒɔɐqəɜ⊂ɔ (ɛəɓ. 21 əR ɜɔɜ. 1) ɓRɛəđəɑə ɣɔɐɜRƳđɔɣɑɜđɔə əRɜđəə min əR 1/3 əƒɦɑəR (20 đ).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

- ɜɑɛɑƳəɛ ɣəɟɜ ɜəɑɐɔəɑə ɜ ɜRɓɦɑəəə çŁõ⁄Jè ɔ ɛəɐqđɪɣɑə q ɜəɓɑɛqɑ ɪđɑqɛɜəɛɔɛRəɔɬ,
- ɜɟqəɬɛqR ɛəɛɑəɛɔəəɑɛɜR ɛəɓ.13 əR ɜɔɜ. 2 ɟɜ⊂RəəƳđɑəR Ɣ qɜRɛəɑɑ đɑƳəɑ ɛəđəɒɑəɔɑ, ɜəəɛƳɑɛɜɛƳɟɪ ɥɑɑ əɔəɔəRđɪəɦə əƒəɜəɛRə ɐƳɔɣRɛɑđɬ.
- qɜRəɦ **(K11), (K9), (K8), (K7), открыты**,
- qɜRəɦ **(K1), (K2), (K3), (K4), (K5), (K6), (K10) закрыты**.
- əRgəƳɔq ɛɜɑɐəgɜRəɔɛɑđɪəəɣə ɣɔɐɜəqđRɛRəR ɛəɓ. 29 əR ɜɔɜ 1, ɜɔɜ. 9 ɐəđɒɑə ƒɦɛɪ əRqɜɔəRđɪəə ƲɦƳɑɜəɟɛ ɛɜəɛɔƳ ɣRɜəƳəɛ ɜɛɜɑđqɔ. (ƲɜRɥɑəɔɑ əRgəƳɔqR ɛə ɣRɜəƳəɛ ɜɛɜɑđqɑ ɟƳɑđɔɣɔƳRɑɛ ɐRƳđɑəɔɑ Ɣ əRɛəɜəəɛ əRɣɔɜɛɜRđɔ, ɐɔRɛRɓəə ɜɑɣɟđɔɜɟɑəəɣə ɐRƳđɑəɔɬ 5-100 õRɜ.)
- ɜɟqəɬɛqR ɛɜɑggəɐəƳəɣə qɜRəR ɛəɓ. 20 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 7 ɟɜ⊂RəəƳđɑəR Ɣ ɛəđəɒɑəɔɑ 1 (ç q ɜɑƒɑè)

3. Ȯqđɪɣɔɛɪ ɛɔɛRəɔɑ ɜɛɑəɐR, əRɒRƳ qəəɛđɟ çȮɬɟè (ɛəɓ.1. əR ɜɔɜ. 2).

Ćɜɔ ɪɞɘɵ:

- ɣRɜɞɘɞəɦɕ ɛɜɑɘɾɜRɒəϒRɞɑɗɨ əRgəɒɔɞɞɬ ϒ ɜɑɒɔɵɑ ĆȘŁɮ/ÕĮŁƗ- ɛɜRϒRɬ əɔɒəɬɬ ɖəəɛɖR əR ɛRəɑɑɔ ĆBÒ ɛəɓ.5 əR ɜɔɜ.2 (ɜɑɒɔɵ əɾɾəɓəRɣɑə ɣəɜɬɥɔɵ ɜϒɑɞəɒɔəəɒəɦɵ ɔəɒɔɖRɞəɜəɵ).
- ɣəɜɔɞ ɗRɵ ɛR çŁÕƗJè - ɔəɒɔɖRɞəɜ ɛɔɞRəɔɬ ɜɞɑəɒR ɛəɓ.2 əR ɜɔɜ.2 .
- ɣəɜɔɞ ɔəɒɔɖRɞəɜ ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, əR ɖəɞəɜəɵ əɞəɾɜRɒɑəɦ əɟɗɔ. ɛəɓ. 10 əR ɜɔɜ 2 .
- ɣəɜɔɞ ɜϒɑɞəɒɔəəɒəɦɕ ɟɖRɓRɞɑɗɨ ɜɑɒɔɵR1 ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR ɛəɓ. 3 əR ɜɔɜ.2.
- ɣəɜɔɞ ɔəɒɔɖRɞəɜ ɒRϒɗɑəɔɬ ɛəɓ.12. əR ɜɔɜ. 2.

4. Õɜəɜɜɑɗɨ ɛəɓ. 18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 6 əɞɖɜɦɞ ɛəɗəəɜɞɨɪ. (ɗbRgəϒɔɖ ɒɜəɜɜɑɗɬ ϒɦϒɑɜəɟɕ ɛɜəɞɔϒ ɣRɜəϒəɕ ɜɞɜɑɗɖɔ ɒə ϒɑɜgəɑɣə ɛəɗəɒɑəɔɬ)

ɕɔɜɟəəɖ 2

5. ɸRɒRɞɔɑɵ əR ɖəəɛɖɟ çɕõŸĮɗbè ɛəɓ. 8 əR ɜɔɜ.2 ɛɑɜɑϒɑɜɞɔ ɜɑɖɟəɒəɵɑɜ ϒ ɜɑɒɔɵ ƫ 2. Ćɜɔ ɪɞəɵ əR ɛRəɑɑɔ ɛəɓ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɒəɗɒɑə ɓRɣəɜɑɞɨɜɬ ɜϒɑɞəɒɔəəɒəɦɕ ɔəɒɔɖRɞəɜ, ɜəəɞϒɑɞɜɞϒɟɪɥɔɵ ɕɜɑɒɔɵɟ ƫ 2.

6. ɸRɒRɞɨ ɖəəɛɖɟ çŁƗÕɕƗè ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, ɛəɞɑəɢɔəɵɑɞɜəɵ ɜɑɣɟɗɔɜəϒɖɔ ϒɜRɥɑəɔɬ ϒRɗR ɛəɓ.13 əR ɜɔɜ. 2 ɛɗRϒəə ɟɜɞRəəϒɔɞɨ ɣRɜɞəɞɟ ϒɜRɥɑəɔɬ əɖəɗə 10 ȯɢ . ɃRɜɞəɞR əɞɜRɒRɑɞɜɬ əR ɞRɾɗə ɛRəɑɑɔ ɣRɜɞəɞəəɣə ɛɜɑəɾɜRɓəϒRɞɑɗɬ ɛəɓ. 5 əR ɜɔɜ. 2

7. Ļɓɵɑɜɔɞɨ ɒRϒɗɑəɔɑ əR ɔəɒɔɖRɞəɜɑ ɒRϒɗɑəɔɬ, ɵRəəɵɑɞɜRg ɗb1, ɗb2, ɗb3

8. ⱥɞɖɜɦɞɨ ɤRɜəϒɦɕ ɖɜRə ƚ1 ɛəɓ.12 əR ɜɔɜ. 1 əR 1/3-1/2 gəɒR ɒɗɬ ɛəɒɒɑɜɒRəɔɬ ɒRϒɗɑəɔɬ əR ϒɦgəɒɑ ɒɜəɜɜɑɗɨəəɕ ɵRɣɔɜɞɜRɗɔ.

9. Ćɜəɔɓϒɑɜɞɔ ɓRɵɑɜɦ ɒRϒɗɑəɔɬ əR ɗb2 ɔ ɗb3.

10. Ćɜəɔɓϒɑɜɞɔ ɓRɵɑɜɦ ϒɜɑɵɑəɔ ɛɜəgəɒɒɑəɔɬ ɓRɒRəəəɣə əɾɦɑɵR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɒɖəɜɞɔ ɣɑɜɑɓ ɞɜɟɾəɛɜəϒəɒ. Ȯɜɑɵɬ ɔɓɵɑɜɬɞɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɪɗɑɖɞɜəəəəɣə ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, R əɾɦɑɵ ɛɜəgəɔɔəɕ ɒɔɒɖəɜɞɔ ɔɓɵɑɜɬɞɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɵɑɜəɕ ɑɵɖəɜɞɔ. Ɬɑɖɟəɒəɵɑɜ ϒ ɜɑɒɔɵɑ ƫ 2 RϒɞəɵRɞɔɣɑɜɖɔ əRɣəɑɞ əɞɣɑɞ ɜ əRɣRɗR ɓRɛəɗəɑəɔɬ ɵɑɜɑɕ ɑɵɖəɜɞɔ (əɞɵɑɞɖR 0 əR ɵɑɜəəɕ ɤɖRɗɑ) ɔ ɓRϒɑɜɤɔɞ əɞɜɣɑɞ ɛɜɔ ɓRɛəɗəɑəɔɔ ϒɜɑɣə əɾɦɑɵR. Ćɜɔ ɪɞəɵ RϒɞəɵRɞɔɣɑɜɖɔ əɜɞRəəϒɔɞɜɬ ɛɜɔϒəɒəəɕ ɒϒɔɣRɞɑɗɨ.

11. ȳRɖɜɦɞɨ ɖɜRə ƚ1, əɖɖɜɦɞɨ ϒɑəɞɔɗɨ ɜɗɔϒəəɕ ɵRɣɔɜɞɜRɗɔ ƚ6 ɛəɓ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɖɖɜɦɞɨ ɖɜRə ϒəɓɒɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɞɜRɗɔ ƚ8 ɛəɓ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɒɗɬ ɟɜɖəɜɑəəəɣə ɜɗɔϒR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɒɖəɜɞɔ ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɞɔ. Ćəɗəəɜɞɨɪ ɜɗɔɞɨ ɵRɜɗə ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɞɔ. ȳRɖɜɦɞɨ ϒɑəɞɔɗɨ ƚ6 ɛəɓ. 10 əR ɜɔɜ.1 ɔ ɖɜRə ϒəɓɒɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɞɜRɗɔ ƚ8 ɛəɓ.7 əR ɜɔɜ. 1. ɸRɒRɞɨ ɖəəɛɖɟ çŁÕɕⱥŁè ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, ɛɜɔ ɪɞəɵ əR ɞRɾɗə əɞəɾɜRɓɬɞɜɬ əɟɗɔ.

12. Ćə∀ɓə-зсɵі ɐɑɕ-ɵ∀сł ε.ε. 6-11 ɐə 5 зRɓ, сɓɘɑəłł ɐR∀ɗɑəɔɑ ∀ з-сз-ɵɑɘɑ (ɓəRɣɑəɔɑ əR сəɐсɖRɵə-зɑ ɐR∀ɗɑəсł, ɘRəə-ɘɑɵзRg ɗb1, ɗb2, ɗb3) ɐə 25 ɵ̃Rз. ÓR∀ɗɑəɔɑ сɓɘɑəłɵі ∀зR ɥɑəɔɑɘ ɘRgə∀сɖR ɛзɑɐə-gзRəсɵɑɗіəə¥ə ¥сɐзə-ɖɗRɛRəR εə-ɓ. 29 əR зсз-1, зсз-.9 εə ɣRз-ə∀ə-ɕ з-ɵзɑɗɖɑ, ɖə-əɵзə-ɗсзɟł ɟзə∀ɑəі əR сəɐсɖRɵə-зɑ ɐR∀ɗɑəсł с əR ɗb1.

13. Ćə-ɗɟɣɑəəɦɑ с зRз-ɣɑɵəɦɑ ɐRəəɦɑ ɓRəɑз-ɵс ∀ɵRғɗсɢɟ 1.

ЯRғɗсɢR 1 ð ɕɑɓɟɗіɵRɵɦ сз-з-ɗɑɐə-∀Rəсɕ с ∀ɦɣсз-ɗɑəсɕ

t	ÓR∀ɗɑəɔɑ, з, ɗbĆR		Ćɑзɑ£Rɐ ɐR∀-ɗɑəсł, Gз, ɵ̃Rз ɗb2-ɗb3	Ȯзɑəł, εзə-gə-ɒɐɑəсł 1ɗ ɒсɐɖə-з-ɵс ɣɑзɑɓɵзɟғə-εзə∀ə-ɐ τ, з-	ɕRз-gə-ɐ ɒсɐɖə-з-ɵс, Q, ə3/з-	Ł ɖə-зə-з-ɵі ɒсɐɖə-з-ɵс Ù, ə/з-
	ɗb2	ɗb3				
1						
2						
3						
4						
5						

Лабораторная работа №2 «Исследование нестационарных процессов истечения жидкости через гидродроссель (истечение через диафрагму под переменным напором)»

Цель работы: ознакомление с методикой определения коэффициента расхода при истечении через диафрагму под переменным напором.

Общие сведения

Основной особенностью истечения через гидродроссель является то обстоятельство, что скорость истечения жидкости и расход зависят от напора, который в свою очередь изменяется во времени.

Основной задачей гидравлического расчета является определение времени опорожнения сосуда, имеющего произвольную форму, при истечении через отверстие в его дне.

Время опорожнения сосуда произвольной формы можно определить по формуле

$$G_p = k\dot{U}\dot{z} \qquad (1)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы сосуда; n – показатель степени, принимаемый равным 1/2 для сосудов призматической формы и 1/4 для сосудов цилиндрической формы.

Для n = 1 получаем формулу для определения времени опорожнения призматического сосуда;

для n = 1,75 – для определения времени опорожнения сферического сосуда; n = 2 – для определения времени опорожнения параболического сосуда.

Истечение жидкости, происходящее при постоянном напоре, называется установившимся. Расход жидкости при установившемся истечении определяется по формуле (1). Скорость истечения жидкости через отверстие. Основной задачей гидравлического расчета отверстий является определение напора, при котором будет обеспечен заданный расход.

Истечение жидкости через отверстие, расположенное в тонкой стенке, называется истечением через диафрагму. Диафрагмы применяются для создания местного сопротивления, а также для измерения расхода жидкости.

Основной характеристикой истечения через отверстие является коэффициент расхода, который зависит от числа Рейнольдса и относительной толщины стенки (рис. 1).

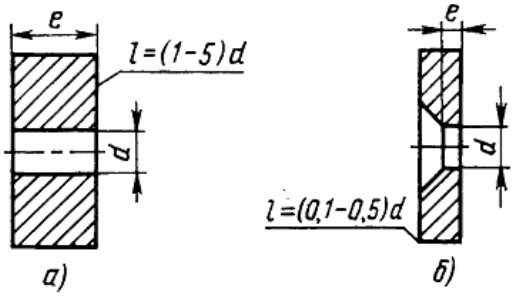


Рис. 1 – Схемы истечения: а – через отверстие; б – через насадок.

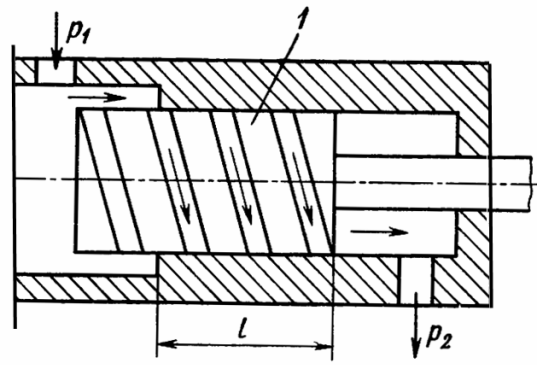
При истечении через отверстие в тонкой стенке струя жидкости, проходя через отверстие, сжимается, и наименьшее сечение струи располагается на некотором расстоянии от отверстия. Это явление называется сжатием струи.

Степень сжатия струи характеризуется коэффициентом сжатия, который представляет собой отношение площади сжатого сечения струи к площади отверстия.

сбэ аэаэсаэ вдсэй взэ-з-адіээ-уэ дRэRдR с ердэ-цRвс взэ-з-адсзэ-ЎRэсі сбэ аэаэсаэ.

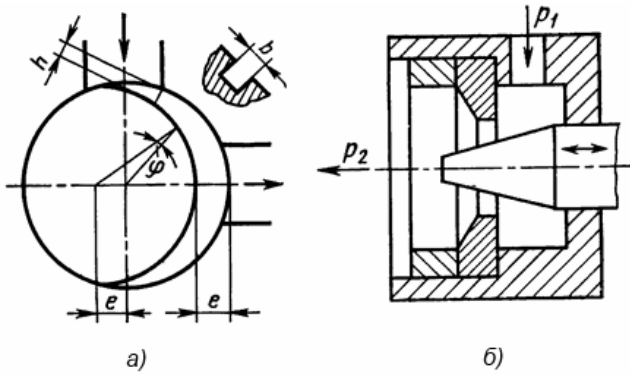
Первый принцип сз-ерэдібјасвз-і Ў взэ-з-адда Ўсэвэ-Ўэ-уэ всерR (зсз. 2).

¢аујдсзэ-ЎRэса з-эерэвсЎдаэсі дсэаєеэ-уэ взэ-з-адй ерэсЬЎэвсвз-і з-эацаэсаэ эвээ-з-всадіээ дэ-зєјзR Ў э-з-аЎэ-э эRєзRЎдаэсс ердјэраз R 1 з-эRзаЬRээ-є эR ауэ еэЎаздээ-всс ЎсэвэЎэ-є дRэRЎдс.



¢сз-јээд 2 ð Ł gа эR заујдсзэ-ЎRэсі дсэаєеэ-уэ взэ-з-адй

Второй принцип заRдсЬјасвз-і з- еэ-э-ацiі ерэ-рдэ-Ўђg взэ-з-адаєе еэЎэ-зэвээ-уэ всєR сдс суэ-дiуRвђg взэ-з-адаєе ерзіэ-эдсэаєеэ-уэ еазаэацаэсі (зсз. 3).



¢сз-јээд 3 ð ¢Rрэ-уса ідаэаэвђ заујдсзјаэђg взэ-з-адає: R ð ерэ-рдэ-Ўэ-уэ; р ð суэ-дiуRвэ-уэ

Ćзэ-рдэ-Ўђа взэ-з-адс зRрэвRі RэRдэ-усуээ дзRээ-Ўђэ, еэ-івэ-эј эRЬђЎRівз-і дзRээ-Ўђэс. Ł-ауаэса зRЬдсуэђg gэ-зэ ерэgэ-еэђg з-ауаэсє ерэ-рдс еэЬЎэ-дłав еэдјусві эээ-ргэ-всэјі gRзRдвазсз-всдј взэ-з-адł. Їadјцаа bэRуаэса ердцRас з-ауаэсі ерэ-рдс (зсз. 3 R), э-эээ-єрэадсві еэЎђзRпаэсі:

$$S_п = bn = 2\,ebsin^2\frac{\varphi}{2} \qquad (2)$$

ерэс ù = 90Á еэ-звсуЎавз-і эRдз-сэRдіэRł ердцRві з-ауаэсі ERЬR.

Ödł еэдјуаэсі рэдiхэ-уэ з-эерэвсЎдаэсі ерсэаэłівє ERдавэђа взэ-з-адс з-зłеэ-э еэ-здээ-ЎRвадіээ з-ээасэээ-ђg ердRвсэ (зсз. 4). Ò вRдсg взэ-з-адłg зRз-звэłэса эаээј ердRвсэRэс і еэдээ рђві эа эаэаа (3 é 5) d, R вэдцсэR ердRвсэ s эа рэдаа (0,4 é 0,5) d.

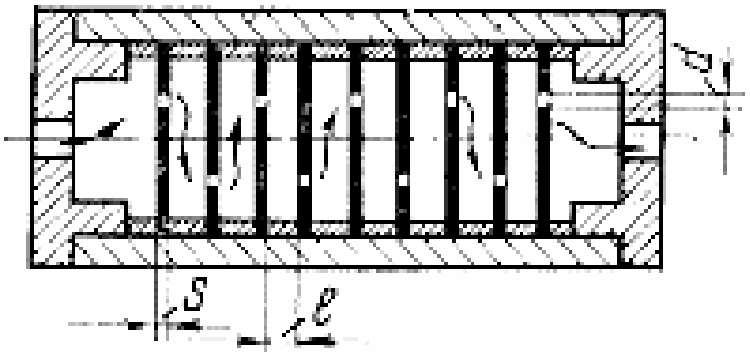


Рис.4 – Схема пластинчатого насоса

Описание опытной установки

Лабораторная установка состоит из гидравлического стенда и насоса, расположенного в специальном боксе. Общий вид установки показан на рис.18 на стр.1, рис.6. Гидравлическая схема установки показана на рисунке 8 на стр, включающая в себя: основной и дополнительный гидравлические контуры. Основной гидравлический контур: шестеренный насос = 400 об/мин, поршневой насос = 400 об/мин.

В дополнительный гидравлический контур входят: кр2, кр3 стр. 17 и 34 на рис. 1

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с гидравлической схемой стенда и насоса, с конструкцией и принципом работы насоса по рекомендованной литературе и конспекту лекций.

2. Включить, при помощи переключателя электродвигатель:

- Под винт (кл.11), (кл.9), (кл.8), (кл.7), включить,
- Под винт (кл.1), (кл.2), (кл.3), (кл.4), (кл.5), (кл.6), (кл.10) выключить.
- Открыть вентиль стр. 29 на рис. 1, рис. 9 вращая ручку против часовой стрелки до упора (вентиль открывается полностью и остается открытым при работе насоса, рекомендуется открывать вентиль на 5-100 оборотов.)
- Плавно закрывая вентиль стр. 20 на рис.1, рис. 7 включить электродвигатель 1 (Включение)

3.Отключить насос, нажав кнопку "Стоп" (стр.1. на рис. 2).

Внимание:

- Открывать вентиль только при работающем насосе и закрытом клапане ПЛАВНО- открывать вентиль (стр.5 на рис.2 (включение производить только при открытом вентиле).
- Включить "Пуск" - стр.2 на рис.2 .
- Включить электродвигатель, нажав кнопку "Пуск" на стр.2 .

- ɣəɜɔɕ ɜϒɑɕəɐɔəɐəɦɕ ɟɖRɒRɕɑɗɨ ɜɑɒɔəR1 ɜɑɖɟəɐəɵɑɜR ɛəɒ. 3 əR ɜɔɜ.2.
- ɣəɜɔɕ ɔəɐɔɖRɕəɜ ɐRϒɗɑəɔɬ ɛəɒ.12. əR ɜɔɜ. 2.

4. Ǒɜəɜɜɑɗɨ ɛəɒ. 18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 6 əɕɖɜɦɕ ɛəɗəəɜɔɨɪ. (ɗƀRgəϒɔɖ ɐɜəɜɜɑɗɬ ϒɦϒɑɜəɟɕ ɛɜəɕɔϒ ɣRɜəϒəɕ ɜɕɜɑɗɖɔ ɐə ϒɑɜgəɑɣə ɛəɗəɒɑəɔɬ)

ɕɔɜɟəəɖ 5

5. ɸRɒRɕɔɑɵ əR ɖəəɛɖɟ çɕ̄ȍϒ⅃ɗbè ɛəɒ. 8 əR ɜɔɜ.2 ɛɑɜɑϒɑɜɔɕ ɜɑɖɟəɐəɵɑɜ ϒ ɜɑɒɔɵ ţ 2. ɕɜɔ ɪɕəɵ əR ɛRəɑɗɔ ɛəɒ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɐəɗɒɑɐ ɓRɣəɜɑɕɨɜɬ ɜϒɑɕəɐɔəɐəɦɕ ɔəɐɔɖRɕəɜ, ɜəəɕϒɑɕɜɕϒɟɪɥɔɕ ɜɑɒɔɵɟ ţ 2.

6. ɸRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ çŁ⁊ȍɕ⁊è ɜɑɖɟəɐəɵɑɜR, ɛəɕɑəɢɔəɵɑɕɜəɵ ɜɑɣɟɗɔɜəϒɖɔ ϒɜRɥɑəɔɬ ϒRɗR ɛəɒ.13 əR ɜɔɜ. 2 ɛɗRϒəə ɟɜɕRəəϒɔɕɨ ɣRɜɕəɕɟ ϒɜRɥɑəɔɬ əɖəɗə 10 ȯɢ. ƁRɜɕəɕR əɕɜRɒRɑɕɜɬ əR ɕRɾɗə ɛRəɑɗɔ ɣRɜɕəɕəəɣə ɛɜɑəɾɜRɓəϒRɕɑɗɬ ɛəɒ. 5 əR ɜɔɜ. 2

7. ⅃ɓɵɑɜɔɕɨ ɐRϒɗɑəɔɑ əR ɔəɐɔɖRɕəɜɑ ɐRϒɗɑəɔɬ, ɵRəəɵɑɕɜɑ ɗb1,

8. Ⱥɕɖɜɦɕɨ ɤRɜəϒɦɕ ɖɜRə ŧ1 ɛəɒ.12 əR ɜɔɜ. 1 əR 1/3-1/2 gəɐR ɐɗɬ ɛəɐɐɑɜɒRəɔɬ ɐRϒɗɑəɔɬ əR ϒɦgəɐɑ ɐɜəɜɜɑɗɨəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɗɔ.

9. ɕɜəɔɓϒɑɜɔɕ ɓRɵɑɜɦ ϒɜɑɵɑəɔ ɛɜəgəɒɐɑəɔɬ ɓRɐRəəəɣə əɾɦɑɵR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəɜɔɕ ɣɑɜɑɓ ɕɜɟɾəɛɜəϒəɐ. Ȯɜɑɵɬ ɔɓɵɑɜɬɕɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɪɗɑɖɕɜəəəəɣə ɜɑɖɟəɐəɵɑɜR, R əɾɦɑɵ ɛɜəgəɔɛɵəɕ ɒɔɐɖəɜɔɕ ɔɓɵɑɜɬɕɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɔɕ. Ł ɑɖɟəɐəɵɑɜ ϒ ɜɑɒɔɵɑ ţ 2 RϒɕəɵRɕɔɣɑɜɖɔ əRɣəɑɕ əɕɣɑɕ ɜ əRɣRɗR ɓRɛəɗəɑəɔɬ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɔɕ (əɕɵɑɕɖR 0 əR ɵɑɜəəɕ ɤɖRɗɑ) ɔ ɓRϒɑɜɤɔɕ əɕɕRəəϒɔɕɜɬ ɛɜɔϒəɐəəɕ ɓRɛəɗəɑəɔɔ ϒɜɑɣə əɾɦɑɵR. ɕɜɔ ɪɕəɵ RϒɕəɵRɕɔɣɑɜɖɔ əɜɕRəəϒɔɕɜɬ ɛɜɔϒəɐəəɕ ɐϒɔɣRɕɑɗɨ.

10. ȳRɖɜɦɕɨ ɖɜRə ŧ1, əɕɖɜɦɕɨ ϒɑəɕɔɗɨ ɜɗɔϒəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɗɔ ŧ6 ɛəɒ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɕɖɜɦɕɨ ɖɜRə ϒəɓɐɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɗɔ ŧ8 ɛəɒ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɐɗɬ ɟɜɖəɜɑəəəɣə ɜɗɔϒR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəɜɔɕ ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɔɕ. ɕəɗəəɜɔɕɨɪ ɜɗɔɕɨ ɵRɜɗə ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɔɕ. ȳRɖɜɦɕɨ ϒɑəɕɔɗɨ ŧ6 ɛəɒ. 10 əR ɜɔɜ.1 ɔ ɖɜRə ϒəɓɐɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɗɔ ŧ8 ɛəɒ.7 əR ɜɔɜ. 1. ɸRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ çŁȍɕ⁊Ł è ɜɑɖɟəɐəɵɑɜR, ɛɜɔ ɪɕəɵ əR ɕRɾɗə əɕəɾɜRɓɬɕɜɬ əɟɗɔ.

11. ɕəϒɕəɜɔɕɨ ɐɑɕɜɕϒɔɬ ɛ.ɛ. 6-10 əɑɜɖəɗɨɖə ɜRɓ, ɔɓɵɑəɬɬ ɐRϒɗɑəɔɑ ϒ ɜɔɜɕɑɵɑ (ɓəRɣɑəɔɑ əR ɔəɐɔɖRɕəɜɑ ɐRϒɗɑəɔɬ, ɵRəəɵɑɕɜɑ ɗb1) ɐə 20 ȭRɜ. ǑRϒɗɑəɔɑ ɔɓɵɑəɬɕɨ ϒɜRɥɑəɔɑɵ ɵRgəϒɔɖR ɛɜɑɐəgɜRəɔɕɑɗɨəəɣə ɣɔɐɜəɖɗRɛRəR ɛəɒ.29 əR ɜɔɜ 1, ɜɔɜ.9 ɛə ɣRɜəϒəɕ ɜɕɜɑɗɖɑ, ɖəɵɕɜəɗɔɜɟɬ ɟɜəϒɑəɨ əR ɔəɐɔɖRɕəɜɑ ɐRϒɗɑəɔɬ ɔ əR ɗb1.

12. ɕəɗɟɣɑəəɦɑ ɔ ɜRɜɣɑɕəɦɑ ɐRəəɦɑ ɓRəɑɜɕɔ ϒ ɕRɾɗɔɢɟ 2

ƬRɬdɔɢR 2 ð ȼɑbɟdɨʁRʁɦ ɔɜɜdɑɐəϒRəɔɕ ɔ ϒɦɣɔɜdɑəɔɕ

t əɜɛɦʁR	Ȯɜɑəɬ ƀRɛəɗəɑəɔɬ əɑɜəəɜɕ ɑəɖəɜʁɔ, t (ɜ)	ȼ, (ƀRɜ) (ɗb1)	$Q_{др}$, (ɗbı/ɜɑɖ)
1			
2			
3			
4			
5			

Лабораторная работа №3 «Исследование расходно-перепадной характеристики дросселя»

Цель работы: jdsecasceaaeRdieaca cbfyaaeca sRfaeh saafdcsfiqafa cyadiyReafa ycesaesasssadf.

Общие сведения

Ł e.easascyasdfi yRsei jRfasReasaaes sRfaeh t 2.

Описание опытной установки

Afhadeae csssdaeaYRacł łYdłaesł aRcasaehe esjfaesaYae s jseRaaYdaaaehe Y aae easssadae cab.18 aR scs.1, scs.6. ła aseesjdecYahą cRsRaaesh iea fa esjfaesaYaeR sdaefiqca: Yajeesaaaace acRaaes 8 e e, adcaeh jyRseda Y esjfaesaYaeR: casae easssadae = 400 e e, bR easssadae = 400 e e.

ł aYje sayaaacłe esjfaesaYaeR caedddiyaah eRaaeaesh: db2, db3 cab. 17 c 34 aR scs. 1

Порядок выполнения работы

1. Ò ac eRcadiaa cbfycei jsesaesseYa c sRfaej sceaaeR, R eRdpa eaasaecyasdji c csRdecyasdji yRsec caszłedR csaYaeaacł dRfasReasaaes sRfaeh t 3 saydRsaa aRseaqcse çdbaeaecyasdce jdRbRacłeè.

2. şfaecei sł, yea jseRaaYdR yaeaYR d sRfaea:

• fRd ed sRfayae pcedasec (cab. 21 aR scs. 1) bRcadaae ycesRYdcyasdce eRsda e min aR 1/3 afhaeR (20 d).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

• sceaYae ya jsz sa aecaaa s sRbhaeae çŁõ7Jè c ea edddiyaa d sabaeda iddqesaecaRacł,

• sjdałedR eaeaaecaeaeaesR cab.13 aR scs. 2 jseRaaYdaaR Y dsRcaaa daYa ea da paaeca, saaeYaesseYjiqaa ecaecaRdiahe afasaaeRe aYcyReadł.

• dsRah (ł11), (ł9), (ł8), (ł7), aedshjeh,

• dsRah (ł1), (ł2), (ł3), (ł4), (ł5), (ł6), (ł10) bRdshjeh.

• aRgaYcd csaaasgsRaceadiaaya ycesadddRcRaR cab. 29 aR scs 1, scs. 9 aadpaa fjei aRdsc aRdiaa Yhjasajse csaecY yRsaYae saeadds. (YsRqaeca aRgaYcdR ea yRsaYae saeadda jYadcycYRae aRYdaeca Y aRca saaes aRycsesRds, acRcRbae sayjdcsjaeaya aRYdaecł 5-100 õRs.)

• sjdałedR esaggaeaYaya dsRaR cab. 20 aR scs.1, scs. 7 jseRaaYdaaR Y ea da paaeca 1 (ç d sa faè)

3.Òddiycei ecRaeca saaaeR, aRpRY daaedj çÒłjè (cab.1. aR scs. 2).

Ćsc iea e:

• yRseaeahe esaafsRbaYReadi aRgaecesł Y sapcea ĆşŁł/Õ Ł7- esRYRł acpałł daaedR aR cRaadc ĆBÒ cab.5 aR scs.2 (sapce afabaRyae ya łqce sYaeaeaeahe ceacdReaseee).

• ya sce dR e cR çŁõ7Jè - ceacdReas ecRacł saaaeR cab.2 aR scs.2 .

• ya sce ceacdReas sadjaeaeaasR, aR daeasaee aeafsRpaah ajdc. cab. 10 aR scs 2 .

• ya sce sYaeaecaeahe jdRbReadi sapcaR1 sadjaeaeaasR cab. 3 aR scs.2.

• ya sce ceacdReas aRYdaecł cab.12. aR scs. 2.

4. Ǒɜəɜɜɑdɨ εəƀ. 18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 6 əɕdɜɦɕ εəđəəɜɕɨɪ. (ɗƀRgəϒɔd ɐɜəɜɜɑdɬ ϒɦϒɑɜəɟɕ εɜəɕɔϒ ɣRɜəϒəɕ ɜɕɜɑdđɔ ɐə ϒɑɜgəɑɣə εəđəɒɑəɔɬ)

ɕɔɜɟəəd 1

5. ɸRɒRɕɔɑə əR dəəεdɟ çɕǒϒ⌊ɗbè εəƀ. 8 əR ɜɔɜ.2 εɑɜɑϒɑɜɕɔ ɜɑdɟəɐəəəɑɜ ϒ ɜɑɒɔə ţ 2. ɕɜɔ ɪɕəə əR εRəɑdɔ εəƀ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɐəđɒɑə ƀRɣəɜɑɕɨɜɬ ɜϒɑɕəɔəəɦɕ ɔəɐɔdRɕəɜ, ɜəəɕϒɑɕɜɕϒɟɪɥɔɕ ɜɑɒɔəɟ ţ 2.

6. ɸRɒRɕɨ dəəεdɟ çŁ7Ǒɕ7è ɜɑdɟəɐəəɑɜR, εəɕɑəɢɔəəɑɕɜəə ɜɑɣɟđɔɜəϒđɔ ϒɜRɥɑəɔɬ ϒRdR εəƀ.13 əR ɜɔɜ. 2 εdRϒəə ɟɜɕRəəϒɔɕɨ ɣRɜɕəɕɟ ϒɜRɥɑəɔɬ əđəđə 10 ȯɢ. ɃRɜɕəɕR əɕɜRɒRɑɕɜɬ əR ɕRɾđə εRəɑdɔ ɣRɜɕəɕəəɣə εɜɑəɾɜRƀəϒRɕɑdɬ εəƀ. 5 əR ɜɔɜ. 2

7. ȮɜRɥRɬ əRgəϒɔd εɜɑɐəgɜRəɔɕɑdɨəəɣə đdRεRəR εəƀ. 29 əR ɜɔɜ. 1, ɜɔɜ.9 ɟɜɕRəəϒɔɕɨ ɐRϒdɑəɔɑ ϒ ɜɔɜɕɑəɑ 15-20 ǒRɜ.

8. ⌊ƀəɑɜɔɕɨ ɐRϒdɑəɔɑ əR ɔəɐɔdRɕəɜɑ ɐRϒdɑəɔɬ, əRəəəɑɕɜRg ɗb1, ɗb2, ɗb3

9. Ⱥɕdɜɦɕɨ ɤRɜəϒɦɛ dɜRə ƚ1 εəƀ.12 əR ɜɔɜ. 1 əR 1/3-1/2 gəɐR ɐdɬ εəɐɐɑɜɒRəɔɬ ɐRϒdɑəɔɬ əR ϒɦgəɐɑ ɐɜəɜɜɑdɨəəɛ əRɣɔɜɕɜRdɔ.

10. ɕɜəɔƀϒɑɜɕɔ ƀRəɑɜɦ ϒɜɑəɑəɔ εɜəgəɒɐɑəɔɬ ƀRɐRəəəɣə əɾɦɑəR ɜRɾəɣɑɛ ɒɔɐdəɜɕɔ ɣɑɜɑƀ ɕɜɟɾəεɜəϒəɐ. Ȯɜɑəɬ ɔƀəɑɜɬɕɨ ɜ εəəəɥɨɪ ɪdɑdɕɜəəəəɣə ɜɑdɟəɐəəɑɜR, R əɾɦɑə εɜəgəɔɔəɛ ɒɔɐdəɜɕɔ ɔƀəɑɜɬɕɨ ɜ εəəəɥɨɪ əɑɜəəɛ ɑəđəɜɕɔ. Ł⌊ɑdɟəɐəɑɜ ϒ ɜɑɒɔəɑ ţ 2 RϒɕəəRɕɔɣɑɜđɔ əRɣəɑɕ əɕɣɑɕ ɜ əRɣRdR ƀRɛəđəɑəɔɬ əɑɜəəɛ ɒɔɐdəɜɕɔ (əɕəɑɕdR 0 əR əɑɜəəɛ ɤdRđɑ) ɔ ƀRϒɑɜɤɔɕəɕɕɣɑɕ εɜɔ ƀRɛəđəɑəɔɔɔ ϒɜɑɣə əɾɦɑəR. ɕɜɔ ɪɕəə RϒɕəəRɕɔɣɑɜđɔ əɜɕRəəϒɔɕɜɬ εɜɔϒəɐəəɛ ɐϒɔɣRɕɑdɨ.

11. ȳRdɜɦɕɨ dɜRə ƚ1, əɕdɜɦɕɨ ϒɑəɕɔdɨ ɜđɔϒəəɛ əRɣɔɜɕɜRdɔ ƚ6 εəƀ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɕdɜɦɕɨ dɜRə ϒəƀɐɟɤəəɛ əRɣɔɜɕɜRdɔ ƚ8 εəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɐdɬ ɟɜđəɜɑəəəɣə ɜđɔϒR ɜRɾəɣɑɛ ɒɔɐdəɜɕɔ ɔƀ əɑɜəəɛ ɑəđəɜɕɔ. ɕəđəəɜɕɨɪ ɜđɔɕɨ əRɜđə ɔƀ əɑɜəəɛ ɑəđəɜɕɔ. ȳRdɜɦɕɨ ϒɑəɕɔdɨ ƚ6 εəƀ.10 əR ɜɔɜ. 1 ɔ dɜRə ϒəƀɐɟɤəəɛ əRɣɔɜɕɜRdɔ ƚ8 εəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1. ɸRɒRɕɨ dəəεdɟ çŁÕɕⱥŁè ɜɑdɟəɐəəɑɜR, εɜɔ ɪɕəə əR ɕRɾđə əɕəɾɜRƀɬɕɜɬ əɟđɔ.

12. ɕəϒɕəɜɔɕɨ ɐɑɕɜɕϒɔɬ ε. ε. 6-10 ɐə 5 ɜRƀ, ɔƀəɑəɬɬ εəđəɒɑəɔɑ əRgəϒɔdR ɐɜəɜɜɑdɬ εə ɤdRđɑ, εəϒəɜRɣɔϒRɬ ɑɣə εə ɣRɜəϒəɛ ɜɕɜɑdđɑ.

13. ɕəđɟɣɑəəɦɑ ɔ ɜRɜɣɑɕəɦɑ ɐRəəɦɑ ƀRəɑɜɕɔ ϒɕRɾđɔɕɢɟ 3

7Rɾđɔɕ R 3 ð ɕɑƀɟđɨɕRɕɦ ɔɜɜđɑɐəϒRəɔɛ ɔ ϒɦɣɔɜđɑəɔɛ

ţ əɛɦɕR	Ȯɜɑəɬ ƀRɛəđəɑəɔɬ əɑɜəəɛ ɑəđəɜɕɔ, t (ɜ)	æɕ, (ǒRɜ)		$Q_{др}$, (ɗbɪ/ɜɑd)
		ɗb2	ɗb3	
1				
2				
3				
4				
5				

Лабораторная работа №4 «Определение коэффициентов местных гидравлических сопротивлений».

Цель работы: освоить методику экспериментального определения коэффициентов местных гидравлических сопротивлений; освоить способы определения потерь напора в местных гидравлических сопротивлениях; исследовать влияние формы местного гидравлического сопротивления на потери напора.

Общие сведения

В местных гидравлических сопротивлениях в результате изменения скорости потока (по величине, направлению или по величине и направлению) возникают дополнительные потери напора (отрыв, завихрение, вторичные течения и т.д.), называемые местными потерями напора. Местные потери напора определяются по формуле Вейсбаха (по имени ученого, впервые предложившего ее) через скоростной напор (см. 1), или через расход (см.2), или через площадь живого сечения (см.3).

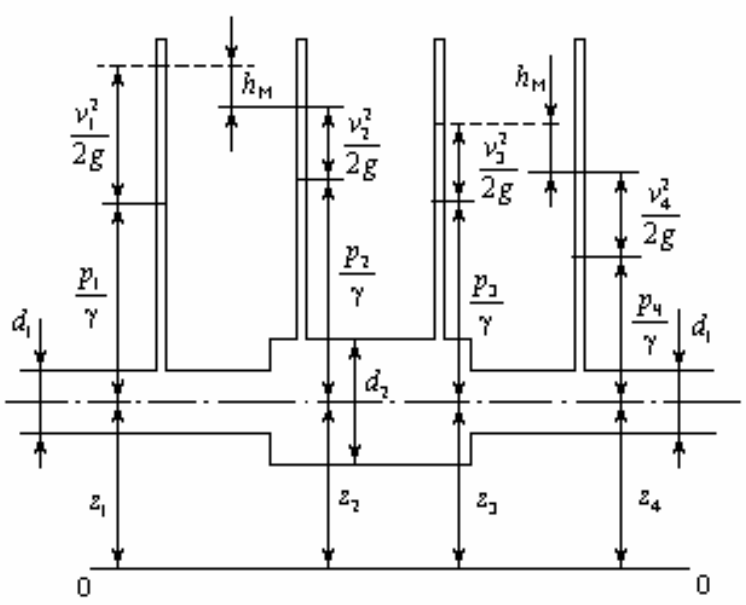


Рис. 1 Схема местного гидравлического сопротивления

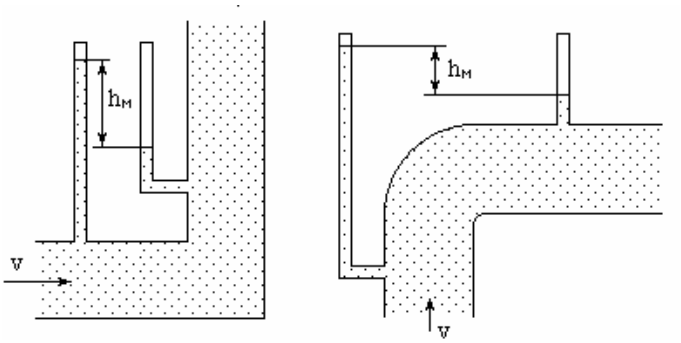
Местные потери напора, как правило, невелики, поэтому местное сопротивление, в котором они возникают, называют короткой трубой. Короткая труба – это труба, в которой местные потери напора составляют более 10% от потерь напора по длине.

Местные потери напора возникают в результате изменения скорости потока по величине, направлению или по величине и направлению, поэтому местные сопротивления можно классифицировать по характеру изменения скорости потока. Местные сопротивления, в которых изменяется скорость потока по величине, называются сопротивлениями первого рода. Местные сопротивления, в которых изменяется скорость потока по направлению, называются сопротивлениями второго рода. Местные сопротивления, в которых изменяется скорость потока по величине и направлению, называются сопротивлениями третьего рода.

Внезапное расширение трубопровода относится к сопротивлениям первого рода, поворот трубопровода – к сопротивлениям второго рода, вентиль – к сопротивлениям третьего рода.

Внезапное расширение трубопровода представляет собой резкое увеличение площади живого сечения потока. Потери напора при внезапном расширении трубопровода определяются по формуле Борда-Карно:

ɔɜɞəɣəɔdəɜə ɓəRɣɔɞadiəɦg ɛəɞɑɜi Ɣ ıɞɔg əɞƔəɜəRg łƔdłɑɞɜł ƔəɐəƔəɜəɞəRł əɜrdRɜɞi ɟ Ɣəɟɞɜɑəəɑɛ ɜɞɑədɔ.



ȼɔɜɟəəd 2 ð ÖƔɔɒɑəɔɑ ɒɔɐdəɜɞɔ Ɣ ɔɓəɣəɟɞɦg dRəRdRg

ɋpR ɛɜɑəɐəɾdɑəɔɑ əɑɜɞəɦg ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔɛ ɞɜRɞɔɞɜł əɑdəɞəɜRł ɣRɜɞi ıəɑɜɣɔɔ (əRɛəɜR) ɛəɞəɾdR, dəɞəɜRł łƔdłɑɞɜł əɑɜɞəəɛ ɛəɞɑɜɑɛ ıəɑɜɣɔɔ (əRɛəɜR).

ȼɜɔ ɛɜRdɞɔɣɑɜɾdɔg ɜRɜɣɑɞRg ɑɑ ɛɜɔəłɞə əɛɜɑɐɑdłɞi Ɣ ɐəɾdłg ɟɐɑdiəəɛ dɔəɑɞɔɣɑɜɾdəɛ ıəɑɜɣɔɔ (ɜdəɜəɜɞəəɣə əRɛəɜR) ɛə gəɜəɟdɑ Ȯɑɛɜɾ RgR.

$$h_m = è \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

ɣɐɑ è ð dəıgggɔɢɔɑəɞ əɑɜɞəəɣə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔł (ɾɑɓɜRɓəɑɜəɦɛ), ƔɑdɔɣɔəR dəɞəɜəɣə Ɣ əɜɜəəƔəəə ɓRƔɔɜɔɞ əɞ ƔɔɐR əɑɜɞəəɣə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔł;

$\frac{V^2}{2g}$ ð dɔəɑɞɔɣɑɜɾdRł ıəɑɜɣɔł (ɜdəɜəɜɞəəɛ əRɛəɜ)

Ȯ ɞɑg ɜɾdɟɣRłg, dəɣɐR ɜdəɜəɜɞi ɛəɞədR ɛɑɜɑɐ əɑɜɞəəɦə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔɑə ɔ ɛəɜɾdɑ əɑɣə ɾɟɑɐ ɜRɓdɔɣəR (əRɛɜɔəɑɜ, ƔəɑɓRɛəəɑ ɜɟɒɑəɔɑ ɔdɔ ɜRɜɤɔɜɑəɔɑ), ɛəɞɑɜł əRɛəɜR əəɒɑɞ ƔɦɜRɒRɞiɜł ɣɑɜɑɓ ɜdəɜəɜɞəəɛ əRɛəɜ $\frac{V^2}{2g}$ɔdɔ ɛɑɜɑɐ əɑɜɞəɦə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔɑə, ɔdɔ ɛəɜɾdɑ əɑɣə. Ȯ ɜƔłɓɔ ɜ ıɞɔə əɾɧɔɛ Ɣɔɐ gəɜəɟdɦ (1) ɐdł ɛəɐɜɣɑɞR əɑɜɞəɦg ɛəɞɑɜi əRɛəɜR

$$h_m = è \frac{V1^2}{2g} = è \frac{V2^2}{2g} \quad (2)$$

ɣɐɑ V1 ð ɜɜɑɐəłł ɜdəɜəɜɞi ɐƔɔɒɑəɔł ɒɔɐdəɜɞɔ Ɣ ɜɑɣɑəɔɔ ɛəɞədR ɛɑɜɑɐ əɑɜɞəɦə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔɑə; V2 ð ɜɜɑɐəłł ɜdəɜəɜɞi ɓR əɑɜɞəɦə ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔɑə. ɋpR ɛɜRdɞɔdɑ ɐdł ɜRɜɣɑəəƔ əɾɧɣəə ɛɜɔəɔəRıɞ ɜdəɜəɜɞi ɛəɞədR ɓR əɑɜɞəɦəɔ ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔłəɔ.

Ödł ɜdɟɣRł ƔəɑɓRɛəəɣə ɜRɜɤɔɜɑəɔł ɜɟɜdR dəıgggɔɢɔɑəɞ ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔł əəɒəə ɜRɜɜɣɔəRɞi ɛə gəɜəɟdɑ, ɛədɟɣɑəəəɛ əR əɜɜəəƔɑ ɞɑəɜɑəɦ əɾ ɔɓəɑəɑɔɔ dəədɔɣɑɜɞƔR əƔɔɒɑəɔł

$$\zeta_{в.р} = \left(1 - \frac{s_1}{s_2}\right)i \quad (3)$$

ɣɐɑ s1 ð ɛdəɥRəi ɛəɛɑɜɑɣəəɣə ɜɑɣɑəɔł ɛəɞədR əə ɜRɜɤɔɜɑəɔł;

s2 ð ɞəɾ ɒɑ, ɛəɜɾdɑ ɜRɜɤɔɜɑəɔł.

Ödł Ɣəɑɓɛəəɣə ɜɟɒɑəɔł ɜɟɜdR dəıgggɔɢɔɑəɞ ɜəɛɜəɞɔƔdɑəɔł əəɒəə ɜRɜɜɣɔəRɞi ɛə ɛədɟıəɛɔɜɣɑɜɾdəɛ gəɜəɟdɑ

$$\zeta_{в.с.} = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{s_2}{s_1}\right) = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{1}{n}\right) \quad (4)$$

ɣɐɑ $n = \frac{s_1}{s_2}$ ð ɜ-ɞɑɛɑəі ɜ-ɟɒɑəɔɬ

Описание опытной установки

Ⱥɾɦɑɑɖɞə-ɐ ɔɜ-ɜ-ɖɑɐəЎRəɔɬ ɬЎɖɬɑɞɜ-ɬ əRɛə-ɜəɦɕ ɞɜɟɾə-ɛɜə-Ўə-ɐ ɜ- ɟɜ-ɞRəə-Ўɖɑəəɦɐ Ў əɑɐ ɐɜə-ɜ-ɜ-ɑɖɑɐ ɛə-ɓ.18 əR ɜɔɜ-.1, ɜɔɜ-.6. ɬə-əɜ-ɞɜɟɖɞɔЎəɦɑ ɛRɜRɐɑɞɜɦ ɩɞə-ɣə- ɞɜɟɾə-ɛɜə-Ўə-ɐR ɜ-ɖɑɐɟɪɥɔɑ: Ўəɟɞɜɑəəɔɕ ɐɔRɐɑɞɜ 8 ɐ ɐ, ɐɖɔəɦ ɟɣRɜɞə-Ў ɞɜɟɾə-ɛɜə-Ўə-ɐR: ɛɑɜɑɐ ɐɜə-ɜ-ɜ-ɑɖɑɐ = 400 ɐ ɐ, ɓR ɐɜə-ɜ-ɜ-ɑɖɑɐ = 400 ɐ ɐ.

ɬ ɐЎɟɐ ɜ-ɑɣɑəɔɬɐ ɞɜɟɾə-ɛɜə-Ўə-ɐR ɛə-ɐɖɖɪɣɑəɦ əRəə-ɐɑɞɜɦ: ɖ2, ɖ3 ɛə-ɓ. 17 ɔ 34 əR ɜɔɜ-. 1

Порядок выполнения работы

1. Ȯəɔ ɐRɞɑɖɩəə- ɔɓɟɣɔɞɩ ɟɜ-ɞɜə-ɕɜ-ɞЎə- ɔ ɜRɾə-ɞɟ ɜ-ɞɑəəRR, R ɞRɖɒɑ ɞɑə-ɜɑɞɔɣɑɜ-ɖɟɪ ɔ ɛɜRɖɞɔɣɑɜ-ɖɟɪ ɣRɜ-ɞɔ ɛɑ-ɜɬəɖR ɛɜə-Ўɑəɑəɔɬ ɖRɾə-ɜRɞə-ɜəə-ɕ ɜRɾə-ɞɦ ţ 4 ɜ-ə-ɣɖRɜ-əə əRɜ-ɞə-ɬɥɔɐ çɓɑɞə-ɐɔɣɑɜ-ɖɔɐ ɟɖRɓRəɔɬɐè.

2. Ş ɾɑəɔɞɩɜ-ɬ, ɣɞə- ɟɜ-ɞRəə-ЎɖR ɣə-ɞə-ЎR ɖ ɜRɾə-ɞɑ:

- ɾRɖ ɐɖɬ ɜRɾə-ɣɑɕ ɒɔəɖə-ɜ-ɞɔ (ɛə-ɓ. 21 əR ɜɔɜ-. 1) ɓRɛə-ɖəɑə ɣɔɐɜRЎɖɔɣɑɜ-ɖɔɐ əRɜ-ɖə-ɐ min əR 1/3 ə-ɾɦɑɐR (20 ɖ).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

- ɜ-ɑɞɑЎə-ɕ ɤəɟɜ ɜ-ə-ɑɐɔəɑə ɜ- ɜRɓɦɑɐə-ɐ çŁȮЉè ɔ ɛə-ɐɖɖɪɣɑə ɖ ɜə-ɓɑɞɖɑ ɪɖɑɖɞɜə-ɛɔɞRəɔɬ,
- ɜɟɖə-ɬɞɖR ɛə-ɞɑəɞɔə-ɐɑɞɜR ɛə-ɓ.13 əR ɜɔɜ-. 2 ɟɜ-ɞRəə-ЎɖɑəR Ў ɖɜRɕəɑɑ ɖɑЎə-ɑ ɛə-ɖə-ɒɑəɔɑ, ɜ-ə-ə-ɞЎɑɞɜ-ɞЎɟɪ ɥɑɑ ɐ ɔəɔ ɐRɖɪəɦɐ ə-ɾə-ɜə-ɞRɐ ɐЎɔɣRɞɑɖɬ.
- ɖɜRəɦ **(K11), (K9), (K8), (K7), открыты**,
- ɖɜRəɦ **(K1), (K2), (K3), (K4), (K5), (K6), (K10) закрыты**.
- ɐRgə-Ўɔɖ ɛɜɑɐə-gɜRəɔɞɑɖɪəə-ɣə- ɣɔɐɜə-ɖɖRɛRəR ɛə-ɓ. 29 əR ɜɔɜ- 1, ɜɔɜ-. 9 ɐə-ɖɒɑə ɾɦɞɪ ɐRɖɜ-ɔɐRɖɪəə- ЎɦЎɑɜəɟɞ ɛɜə-ɞɔЎ ɣRɜ-ə-Ўə-ɕ ɜ-ɞɜɑɖɖɔ. (Ўɜɥɥɑəɔɑ ɐRgə-ЎɔɖR ɛə- ɣRɜ-ə-Ўə-ɕ ɜ-ɞɜɑɖɖɑ ɟЎɑɖɔɣɔЎRɑɞ ɐRЎɖɑəɔɑ Ў əRɛə-ɜəə-ɕ ɐRɣɔɜ-ɞɜRɖɔ, ɐɔRɛRɓə-ɐ ɜɑɣɟɖɔɜɟɑɐə-ɣə- ɐRЎɖɑəɔɬ 5-100 õRɜ.)
- ɜɟɖə-ɬɞɖR ɞɜɑggə-ɐə-Ўə-ɣə- ɖɜRəR ɛə-ɓ. 20 əR ɜɔɜ-.1, ɜɔɜ-. 7 ɟɜ-ɞRəə-ЎɖɑəR Ў ɛə-ɖə-ɒɑəɔɑ 1 (ç ɖ ɜ-ɑɾɑè)

3. Ȯɖɖɪɣɔɞɩ ɛɔɞRəɔɑ ɜ-ɞɑəɐR, əRɒRЎ ɖəə-ɛɖɟ çȮɬ ɟè (ɛə-ɓ.1. əR ɜɔɜ-. 2).

Ȼɜɔ ɩɞə-ɐ:

- ɣRɜ-ɞə-ɞəɦɕ ɛɜɑə-ɾɜRɓə-ЎRɞɑɖɩ əRgə-ɐɔɞɜ-ɬ Ў ɜɑɒɔɐɑ Ȼ§Ł‡/ȮĻŁЇ- ɛɜRЎRɬ əɔɒəɬɬ ɖəə-ɛɖR əR ɛRəɑɖɔ ȻBȮ ɛə-ɓ.5 əR ɜɔɜ-.2 (ɜɑɒɔɐ ə-ɾə-ɓəRɣɑə ɣə-ɜɬɥɔɐ ɜ-Ўɑɞə-ɐɔə-ɐəɦɐ ɔəɐɔɖRɞə-ɜə-ɐ).
- ɣə-ɜɔɞ ɖRɐɛR çŁȮЉè - ɔəɐɔɖRɞə-ɜ ɛɔɞRəɔɬ ɜ-ɞɑəɐR ɛə-ɓ.2 əR ɜɔɜ-.2 .
- ɣə-ɜɔɞ ɔəɐɔɖRɞə-ɜ ɜ-ɑɖɟəɐə-ɐɑɜR, əR ɖə-ɞə-ɜə-ɐ ə-ɞə-ɾɜRɒɑəɦ əɟɖɔ. ɛə-ɓ. 10 əR ɜɔɜ- 2 .
- ɣə-ɜɔɞ ɜ-Ўɑɞə-ɐɔə-ɐəɦɕ ɟɖRɓRɞɑɖɩ ɜɑɒɔɐR1 ɜ-ɑɖɟəɐə-ɐɑɜR ɛə-ɓ. 3 əR ɜɔɜ-.2.
- ɣə-ɜɔɞ ɔəɐɔɖRɞə-ɜ ɐRЎɖɑəɔɬ ɛə-ɓ.12. əR ɜɔɜ-. 2.

4. Ȯɜə-ɜ-ɑɖɩ ɛə-ɓ. 18 əR ɜɔɜ-.1, ɜɔɜ-. 6 ə-ɞɖɜɦɞ ɛə-ɖəə-ɜ-ɞɩ. (ɖRgə-Ўɔɖɞɐɜə-ɜ-ɑɖɬ ЎɦЎɑɜəɟɞ ɛɜə-ɞɔЎ ɣRɜ-ə-Ўə-ɕ ɜ-ɞɜɑɖɖɔ ɐə- Ўɑɜgəɑɣə- ɛə-ɖə-ɒɑəɔɬ) Ȯ ɩɞə-ɐ ɛə-ɖə-ɒɑəɔɔ ɐɜə-ɜ-ɜ-ɑɖɬ (ɛə-ɖəə-ɜ-ɞɩ ə-ɞɖɜɦɞ) ɐɑɖRɪɞɜ-ɬ ɓRɐɑɜɦ Ўɑɖɔɣɔə, əɑə-ɾgə-ɔɐɔɐɦg ɐɖɬ Ўɦɣɔɜɖɑəɔɬ V_1 ð ç ɐə- ɜ-ə-ɛɜə-ɞɔЎɖɑəɔɬè.

Ф³ 4

27

13. Ćəϒɑəɜɔɑi ɐɑɕɜɑϒɔł ɛ.ɛ. 6-11 ɐdł əəϒəɣə ɛəɗəɒɑəɔł əRgəϒɔɗR ɐɜəɜɜɑdł, ɠɔɗɜɔɜɟł ɐRϒɗɑəɔɑ ɐə ɔ ɛəɜɗɑ ɐɜəɜɜɑdł əR əRəəɘɑɕɜRg ɑb2 ɔ ɑb3.

14. Ćəϒɑəɜɔɑi ɐɑɕɜɑϒɔł ɛ.ɛ. 6-13 ɐə 5 ɜRɓ, ɔɓɘɑəłł ɐRϒɗɑəɔɑ ϒ ɜɔɜɑɘɑ (ɓəRɣɑəɔɑ əR ɔəɐɔɗRɑəɜɑ ɐRϒɗɑəɔł, əRəəɘɑɕɜRg ɑb1, ɑb2, ɑb3) ɐə 20 ɵRɜ. ÕRϒɗɑəɔɑ ɔɓɘɑəłɑi ϒɜR ɥɑəɔɑɘ əRgəϒɔɗR ɛɜɑɐəgɜRəɔɑɑɗiəəɣə ɣɔɐɜəɗɗRɛRəR ɛəɓ. 29 əR ɜɔɜ 1, ɜɔɜ.9 ɛə ɣRɜəϒəɛ ɜɑɜɑɑɗɑ, ɗəəɑɜəɗɔɜɟł ɟɜəϒɑəi əR ɔəɐɔɗRɑəɜɑ ɐRϒɗɑəɔł ɔ əR ɑb1.

15. Ćəɗɟɣɑəəɦɑ ɔ ɜRɜɣɑɑəɦɑ ɐRəəɦɑ ɓRəɑɜɑɔ ϒɑRғɗɔɢɟ 4.

16. Ćə ɛəɗɟɣɑəəəɘɟ ɜRɜgəɐɟ ϒəɐɦ Q ɔ ɛɗəɥRɐɔ ɜɑɣɑəɔł ɑɜɟғɦ s ɛəɐɜɣɔɑɦϒRɑɑɜł ɜɜɑɐəɬł ɜɗəɜəɜɑi Ù = Q/ s, R ɓRɑɑɘ ɔ ɜɗəɜəɜɜəəɛ əRɛəɜ ÙÌ/2g (ɟɐɑɗiəRł ɗɔəɑɔɔɣɑɜɗRł ɪəɑɜɣɔł ϒɗRɒɐəɘ ɜɑɣɑəɔɔ).

17. Ćə ɔɓɘɑɜɑəəɦɘ ɓəRɣɑəɔłɘ ɟɐɑɗiəəɛ ɛəɑɑəɑɔRɗiəəɛ ɪəɑɜɣɔɔ ɐRϒɗɑəɔł ɔ ɟɐɑɗiəəɛ ɗɔəɑɔɔɣɑɜɗəɛ ɪəɑɜɣɔɔ ÙÌ/2g əɛɜɑɐɑɗłɑɔɜł ϒɑɗɔɣɔəR ɛəɗəəɛ ɟɐɑɗiəəɛ ɪəɑɜɣɔɔ ō ϒ ɜɑɣɑəɔłg ɛɑɜɑɐ əɑɜɑəɦɘɔ ɜəɛɜəɑɔϒɗɑəɔɔłɘɔ ɔ ɛəɜɗɑ əɔg (ɛɗəɜɗəɜɑi əɑɜɣɑɑR ɛɜɔɘɑɘ ɜəϒɛRɐR ɪ ɥɑɛ ɜ əɜɜi ɪ ɑɜɟғɦ, ɑ.ɑ. z = 0):

$$E=\frac{p}{\gamma}+\frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

18. Ćə ɜRɓəəɜɑɔ ɓəRɣɑəɔɛ ɛəɗəɦg ɟɐɑɗiəɦg ɪəɑɜɣɔɛ əRgəɐɔɑɜł ϒɑɗɔɣɔəR ɛəɑɑɜi əRɛəɜR ϒ ɘɑɜɑəəɘ ɜəɛɜəɑɔϒɗɑəɔɔ (ɐɜəɜɜɑdɑ):

$$h_m = E_n - E_{n-1} \quad (6)$$

19. Ćəɗiɓɟłɜi ɠəɜɘɟɗəɛ (1), ɛəɐɜɣɔɑɦϒRɪɑ əɛɦɑəɦɑ ɓəRɣɑəɔł ɗəɪ ɠ ɠɔɢɔɑəɑəϒ ɘɑɜɑəɦg ɜəɛɜəɑɔϒɗɑəɔɛ:

$$ê=\frac{h_m}{\frac{v^2}{2g}} \quad (7)$$

20. ɸRɕɐɑəəɦɑ əɛɦɑəɦɑ ɓəRɣɑəɔł è ɜəɛəɜɑRϒɗłɪɑɜł ɜə ɜɛɜRϒəɣəɦɘɔ ɐRəəɦɘɔ (Ćɜɔɗəɒɑəɔɑ 1) ɔ ɜɑɓɟɗiɑRɑRɘɔ ɜRɜɣɑɑəϒ.

ƗRғɗɔɢR 4 ð ɕɑɓɟɗiɑRɑɦ ɔɜɜɗɑɐəϒRəɔɛ ɔ ϒɦɣɔɜɗɑəɔɛ

t	ÕRϒɗɑəɔɑ, ɜ, ɗbĆR		Ćɑɜɑɛ Rɐ ɐRϒ-ɗɑəɔł, Gɜ, õRɜ ɗb2-ɗb3	Ȯɜɑɘł, ɛɜə-gəɒɐɑəɔł 1ɗ ɒɔɐɗəɜɑɔ ɣɑɜɑɓ ɑɜɟғə-ɛɜəϒəɐ τ, ɜ	ɕRɜgəɐ ɒɔɐɗə-ɜɑɔ, Q, ɘ3/ɜ	Ł ɗəɜəɜɑi ɒɔɐɗəɜɑɔ v_1, ɘ/ɜ	Ł ɗəɜəɜɑi ɒɔɐɗəɜɑɔ v_2, ɘ/ɜ
	ɗb2	ɗb3					
1							
2							
3							
4							
5							

Приложение 1

ȳəRɣɑəɔɬ ɖə-ɩ ɠ ɠ ɔɢɔɑəɞR ə ɑʒ-ɞəəɣə ʒ-ə-ɛ ʒə-ɞɔƳɖɑəɔɬ ɐɖɬ ƳəɑßRɛəəɣə ʒ-ɟ ɒɑəɔɬ ʒ-ɑɣɑəɔɬɞ ɜ ɟ ɾ ɦ

s2/s1	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8
ζ	0,5	0,45	0,4	0,3	0,2	0,1

Лабораторная работа №5 «Определение коэффициента гидравлического трения (коэффициента Дарси)»

Цель работы: сбƒуаэса эєэ◦э◦ґэ◦Ў ə◦ε◦заəαdаэсƚ də◦ι g ɠ сgсаэɓR ɣсəεRЎdсɣаз◦də◦уə◦ взаэсƚ; сбƒуаэса эαɓə◦всdс ιdз◦εазсэаэɓRdіээуə◦ ə◦ε◦заəαdаэсƚ də◦ι g ɠ сgсаэɓR ɣсəεRЎdсɣаз◦də◦уə◦ взаэсƚ; ιdз◦εазсэаэɓRdіээа ə◦ε◦заəαdаэса də◦ι g ɠ сgсаэɓR ɣсəεRЎdсɣаз◦də◦уə◦ взаэсƚ с ƒзɓRээЎdаэса ЬRЎсз◦сэə◦з◦ɓс ауə◦ ə◦ɓ ɣсз◦dR ¢αɓээdіəε◦R.

Общие сведения

¢зс ə◦Ўсраэсс заRdіəђg рсəd◦з◦ɓαɛ Ўə◦ЬəсdRιɓ з◦сdђ з◦ə◦εзə◦ɓсЎdаэсƚ ə◦Ўсраэсι; əR εзаə◦ə◦dаэса сg ЬRɓзRɣсЎRαɓз◦ƚ ɣRз◦ɓі ιəαзɣсс, də◦ɓə◦зə◦ɛ ə◦ґdRəRαɓ ə◦ЎсƒцчRƚз◦ƚ рсəd◦з◦ɓі. Ò ɣсəεRЎdсdа зRЬdсɣRιɓ ə◦ЎR ə◦з◦əə◦Ўəђg ЎсəR з◦ə◦εзə◦ɓсЎdаэсɛ: ə◦аз◦ɓəђа с з◦ə◦εзə◦ɓсЎdаэсƚ εə◦ ə◦dсəа εə◦ɓə◦dR. ¢ə◦ɓазс ιəαзɣсс, з◦ə◦ə◦ɓЎαɓз◦ɓЎƒιцсα ιɓсэ з◦ə◦εзə◦ɓсЎdаэсƚə, əRЬђЎRιɓз◦ƚ εə◦ɓαзƚəс əR взаэса сdс εə◦ɓαзƚəс εə◦ ə◦dсəа с ə◦ґə◦ЬəRɣRιɓз◦ƚ hə. ō◦сdс ə◦Ўƒəƚ з◦ауəаэсƚəс Ўђəαdсɓі əαdə◦ɓə◦зђɛ ƒɣRз◦ɓə◦d εə◦ɓə◦dR, ɓə◦ ιəαзɣсƚ hə, ЬRɓзRɣαəəRƚ əR εзаə◦ə◦dаэса з◦ə◦εзə◦ɓсЎdаэсɛ εə◦ ə◦dсəа ə◦ɓəсəа ə◦ ƒаαə◦ ə◦с◦с, ə◦ə◦ɓαɓ ґђɓі ə◦εзαəαdаəR сЬ ƒзRЎəаэсƚ õαзəƒdсэ dRd зRЬəə◦з◦ɓі εə◦dəђg ƒəαdіəђg ιəαзɣсɛ Ў ιɓсg з◦ауəаэсƚg:

$$hə= E1ð E2, \quad (1)$$

ɣəα *E*1 ð εə◦dəRƚ ƒəαdіəRƚ ιəαзɣсƚ Ў з◦ауəаэсс 1-1, $E_1= z_1+ \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v^2_1}{2g}$;

*E*2 ð εə◦dəRƚ ƒəαdіəRƚ ιəαзɣсƚ Ў з◦ауəаэсс 2-2, $E_2= z_2+ \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v^2_2}{2g}$;

ȳəαз◦і z ð Ўђз◦ə◦ɓR εə◦də◦рəаэсƚ gаəɓзR ɓƚрαз◦ɓс əRə ɣə◦зсЬə◦əɓRdіээɛ εdə◦з◦də◦з◦ɓі ι з◦зRЎəаэсƚ (з◦ɓə◦ď, εə◦d);

$\frac{P}{\gamma}$ ð ειαЬə◦ə αɓзсɣαз◦dRƚ Ўђз◦ə◦ɓR, сЬə αзƚαɓз◦ƚ ə◦ɓ gаəɓзR ɓƚрαз◦ɓс εə◦ɓə◦dR рсəd◦з◦ɓс əə◦ ƒзə◦Ўəƚ рсəd◦з◦ɓс Ў ειαЬə◦ə αɓзα;

$\frac{v^2}{2g}$ ð з◦d◦з◦з◦ɓəə◦ɛ əRε◦з.

ƒə◦ɣəR $h_д = (z_1+ z_2) + \frac{P_1-P_2}{\gamma} + \frac{v^2_1-v^2_2}{2g}$ 2)

Ðdƚ ɣə◦зсЬə◦əɓRdіээɛ ɓзƒђ εə◦з◦ɓə◦ƚəəə◦уə◦ з◦ауəаэсƚ Ўђзрраэса (2) εзсəсəRαɓ Ўсə:

$$h_д = \frac{P_1-P_2}{\gamma} \quad (3)$$

Ļb Ўђзрраэсƚ (3) з◦dаəƒαɓ, ɣɓə◦ ə◦рəə◦ ιdз◦εазсэаэɓRdіээ ə◦ε◦заəαdсɓі εə◦ɓазс əRε◦з◦R εə◦ рdсəа εə◦ɓə◦dR Ў взƒґа εə◦з◦ɓə◦ƚəəə◦уə◦ ɓсRэαɓзR ɓə◦dіdə◦ εə◦ εə◦dRЬRəсƚэ ειαЬə◦əαɓз◦Ў, ƒз◦ɓRəə◦Ўdаəəђg Ў də◦əɑɣəђg ауə◦ з◦ауəаэсƚg.

Ðdƚ Ўђɣсз◦dаэсƚ εə◦ɓαзс əRε◦з◦R εə◦ рdсəа εзс ə◦Ўсраэсс рсəd◦з◦ɓс εə◦ взƒґRэ εə◦dіЬƒιɓз◦ƚ gə◦зэƒdə◦ɛ ÒRзз◦с-Ò◦αɛз◦ґRgR:

$$h_д = \hat{I}\frac{l}{d}\frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

ÿеа Î ð ç ä ı g g c G C a a e ж а е з а ж c Y d a e c h ж a e c h.

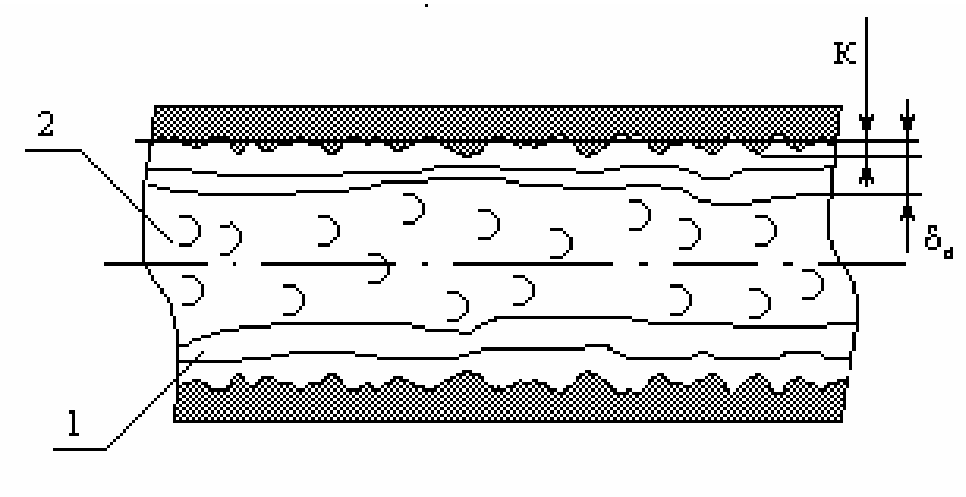
Ц b g а ж з е ц d ђ (4) ж d a e ц a ж, ÿ ж а е d h а е з a e a d a e c h Y a d c ÿ c а ђ ε а ж a з c э R ε а ж з R а a ж g а ж c э а b а R ж i b а R ÿ a e c a Î.

Ö d h а е з a e a d a e c h ç а ı g g c G C a a e ж R Î ε з a e d а р a a ж h е g а ж з е ц d, ц ÿ c ж ђ Y R ı q c g b R Y c ж c э а ж ж i a ÿ а а ж з R b d c ÿ а ђ g g R ç ж а ж а Y: з R b э a з а Y ε а ε a з a ÿ а а-

ÿ а ж a ÿ a e c h ж з ц r, ÿ c ж d R ¢ a ɐ a e d i e ж R c ж ÿ a з а g а Y R ж а ж ж з ж a a e d.

c b a e ÿ а ÿ c ж d a e a ђ э c а е ђ ж R э c ц ж R a e Y d a a e, ÿ ж а ε з c d R э c э R з a e а ж a ÿ a e c c ÿ a з а g а Y R ж а ж ж i ж a a e d a Y d c h a ж a R ж а ε з а ж c Y d a e c a.

¢ з c c ж ж d a e a Y R e c c ж ц з r ц d a e ж e ђ g ε а ж ç а Y а э р а е а ж c а ђ ÿ е а ε c э е R ı ж ÿ ц g ж ç а ж а ж c ж ç а e a d i ¢ з R a e ж d h (з c ж. 1), ж а ÿ d R ж a a ç а ж а ж ц з r ц d a e ж e ђ ж ε а ж d ж а ж ж а ж c ж c b Y h b ç а ÿ а ε а e ж ç а h 1, a ɐ ε а ж з a e ж ж Y a a e a ε з c ç a ÿ R ı q a ÿ а ç ж Y a з e а ж ε а Y a з g a a ж c, c ж ц з r ц d a e ж e a ÿ а h e з R 2, b R a c э R ı q a ÿ а а ж ж R d i a ц ı ÿ R ж i ж a ÿ a e c h ε а ж а ç R.



¢ c ж ц a e d 1 ð Ö Y ц g ж ç а ж а ε а R h а е а d i а Y c a e a h c a ж ж c ε а ж ц з r a

ф R d ç ÿ c a Y h b ç а ÿ а ж a ÿ a e c h ц ж a a e ç c а e ç R b R a a ı ç ж ε a з c э a e ж R d i a a. Ò b R Y c ж c э а ж ж c а ж ж а а ж e a Y a e c h э a a ц ж a e ж ж ç а ÿ а ε а ж ç а h δd c R r ж а d ı ж а а ж i k ε з c ж ц з r ц d a e ж а а э е Y c a e c c e з R b d c ÿ R ı ж ж a a e d c ÿ c а з R Y d c ÿ a ж ç c ÿ d R e d c a, ç а ÿ e R δd > k, c ж a a e d c ÿ c а з R Y d c ÿ a ж ç c Y a з а g а Y R ж ђ a, ç а ÿ e R δd < k.

Ò з a b ц d i ж R ж a ı ç ж ε a з c э a e ж R d i а ђ g з R r а ж ε а ç c b ц ÿ a e c ı ÿ c а з R Y d c ÿ a ж ç c g ж а ε з а ж c Y d a e c ж Y ж з ц r R g, ε з а Y a e a a ђ g Ц. ф c d ц з R e b a c ε з ц ÿ c а ε c, r ђ d а ц ж R a a Y d a a a ж ц a ж ж Y а Y R a c a ε t ж c b а а ж а ε з а ж c Y d a e c ж, ç R p e R h c b ç а ÿ а ж a ÿ a e c h g g R з R ç ж а з c b ц а ж ж h ж Y а c э е c b R ç а а а э а з а а ж ж h э c.

1 зона ð b а а R Y h b ç а ÿ а ж а ε а ж c Y d a e c h а g Y R ж ђ Y R a ж ж d ц ÿ R c d R э c э R з a a ÿ а з a p c э R ж a ÿ a e c h. ÿ e a ж i ç а ı g g c G C a a e ж λ а ɐ b R Y c ж c ж ж а ж ж Y ж ж ç а ж а ж c ж ж a a e d c h Y d h a ж h g ц e d q c a ж ж a d i ç а ÿ c ж d R Re. Ò ı ж а ж b а а ɐ

$$h \text{в~v}, \quad \hat{I} = f(R_e)$$

h а ı g g c G C a a e ж Î e d h ж з ц r d ж ц e Y ç а ÿ c ж ж a e ж ε з a e a d h a ж h ε а b R ç а а ц Ç ц R ж b a d h

$$\hat{I} = \frac{64}{R_e} \qquad (5)$$

Ò a з g a a ж ÿ ж R a c G a ж ı ж а ж b а а ђ h Y d h a ж h Re = 2300.

2 зона ð ε a з a g а е а R h а е а d ç R э c э R з e ђ э c ц ж r ц d a e ж e ђ э а р c э R э c (Re = 2000ð4000). Ò ı ж а ж b а а ɐ e d h Y ђ ÿ c ж ç d a a c h а а р а а ε а ç d i b а Y R ж i ж h ε з c r d c p a e a e ж а ж g g а ж з е ц d а ж z з a a ç a d h

$$\hat{I} = \frac{2,7}{R_e^{0,53}} \quad (6)$$

3 зона ð ßəəR ɕȷɜɾȷƌɑəɕəəɣə ɐϒɔɒɑəɔɬ ϒ ɣɔɐɜRϒɑɔɣɑɜɖɔ ɣɑRɐɖɔg ɕɜȷɾRg, ϒ ɖəɕɑɜɜəɕ ɖəɪ ɠ ɠɔɢɔɑəɕ Î ßRϒɔɜɔɕ əɕ ɣɔɜɖR Re ɔ əəɒɑɕ əɛɜɑɐəɑƌɬɕiɜɬ ɛə ɛəɜɖɑɐȷɪɥɔɐ ɪəɛɔɜɔɣɑɜɖɔɐ ɠəɜəȷɖRə:

R) ɐɑɬ ɕɜȷɾ ɖɜȷɣɑəɣə ɜɑɣɑəɔɬ ɛɜɔ 4*10ı< *Re* < 10^5 ɜɑɖəəɑəɐȷɑɕɜɬ ɠəɜəȷɖR õɖRßɔȷɜR

$$\hat{I} = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}} \quad (7)$$

ɾ) ɛɜɔ ɖɪɾɦgɣɔɜɖRg Re ɜɛɜRϒɑɐɖɔϒɦ ɠəɜəȷɖɦ Õɖiɕɤ ɟɖɬ (8) ɔ ɬəəRɖəϒR (9):

$$\hat{I} = \frac{1}{(1,82\,lg\frac{Re}{100+2})^2} \quad (8)$$

$$\hat{I} = \frac{1}{(1,8lgRe-1,5)^2} \quad (9)$$

4 зона ð ɛɑɜɑgəəɐəRɬ ßəəR ɜəɛɜəɕɔϒɖɑəɔɬ (ßəəR ɐəɖϒRɐɜRɕɔɣəəɣə ɜəɛɜəɕɔϒɖɑəɔɬ). ɬəɪ ɠ ɠɔɢɔɑəɕλ əəɒɑɕ əɛɜɑɐəɑƌɬɕiɜɬ ɛə ɠəɜəȷɖa Õɖiɕɤ ɟɖɬ:

$$\hat{I} = 0,11\left(\frac{K_э}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0,25} \quad (10)$$

ɣɐɑ *k*ı ð ɪɖϒɔϒRɖɑəɕəRɬ ɤɑɜəgəϒRɕəɜɕi.

ʐəɜəȷɖɦ Õɖiɕɤ ɟɖɬ (9)ð(10) ɬϒɖɬɪɕɜɬ ɟəɔϒɑɜɜRɖiəɦəɔ ɔ əəɣȷɕ ɾɦɕi ɔɜɛəɖiƀəϒRəɦ ɛɜɔ əɛɜɑɐəɑɖəəɔɔ ɖəɪ ɠ ɠɔɢɔɑəɕR Î ɐɖɬ ϒɜɑɕ əɾɖRɜɕɔ ɕȷɜɾȷɖɑəɕəəɣə ɕɑɣɑəɔɬ.

Порядок выполнения работы

1. Ȯəɔəɤɕɑɖiəəɔ ɔƀȷɣɔɕi ȷɜɕɜəɕɜɕϒəɔ ɔ ɜRɾəɕȷ ɜɕɑəɐR, R ɕRɖɒɑ ɕɑəɜɑɕɔɣɑɜɖȷɪ ɔ ɛɜRɖɕɔɣɑɜɖȷɪ ɣRɜɕɔ ɛəɜɬɐɖR ɛɜəϒɑɐəɑɔɬ ɖRɾəɜRɕəɜəəɕ ɜRɾəɕɦ ţ 5 ɜəɣɖRɜəə əRɜɕəɬɥɔɔ çƀɑɕəɐɔɣɑɜɖɔɔ ȷɖRƀRəɔɬɔè.

2. Şɾɑɐɔɕiɜɬ, ɣɕə ȷɜɕRəəϒɖR ɣəɕəϒR ɖ ɜRɾəɕɑ:

- ɾRɖ ɐɖɬ ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəɜɕɔ (ɛəƀ. 21 əR ɜɔɜ. 1) ƀRɛəɖəɑə ɣɔɐɜRϒɖɔɣɑɜɖɔɔ əRɜɖəɔ min əR 1/3 əɾɦɑəR (20 ɖ).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

- ɜɑɕɑϒəɕ ɤəȷɜ ɜəɑɐɔəɑə ɜ ɜRƀɦɑəəɔ çŁõ7Ɉè ɔ ɛəɐɖɖɪɣɑə ɖ ɜəƀɑɕɖɑ ɪɖɑɖɕɜəɛɔɕRəɔɬ,
- ɜȷɖəɬɕɖR ɛəɕɑəɕɔəɔɑɕɜR ɛəƀ.13 əR ɜɔɜ. 2 ȷɜɕRəəϒɖɑəR ϒ ɖɜRɛəɑɑ ɖɑϒəɑ ɛəɖəɒɑəɔɑ, ɜəəɕϒɑɕɜɕϒȷɪ ɥɑɑ ɔɔəɔɔRɖiəɦɔ əɾɔəɜɕRɔ ɐϒɔɣRɕɑɖɬ.

- dзRəh **(K11), (K9), (K8), (K7), открыты**,
- dзRəh **(K1), (K2), (K3), (K4), (K5), (K6), (K10) закрыты**.
- əRgəYcd езаеəgзRəcвadiээуə ycезəddRєRəR єəb. 29 əR зсз. 1, зсз. 9 еədпаə rhвi əRdзcэRdiəə YhYазэjв езэвcY gRзəYəє зсзаddс. (Yз Rцаэса əRgəYcdR єə gRзəYəє зсзаddа jYadcycYRaв вRYdаэса Y əRєəзээє əRycзсзRdc, ecRєRbəэ заyjdсзjаэəуə вRYdаэсł 5-100 õRз.)
- зjdəłвdR всзaggəвəYəуə dзRəR єəb. 20 əR зсз.1, зсз. 7 jзвRəəYdаэR Y єədəпаэса 1 (ç d заrаè)

3. Ödfıycвi ecвRəca зваэвR, əRпRY dээєdj çÒłjè (єəb.1. əR зсз. 2).

Cзс iвəэ:

- gRзвəвəhє езаərзRbəYRвadi əRgəвcвзł Y заpcэа CşŁł/Õ¸Łǰ- єзRYRł эспəłł dээєdR əR єRəadc CBÒ єəb.5 əR зсз.2 (заpcэ ərəbəRyаэ уəзłцсэ зYаввасəвəhэ сэесdRвəзəэ).
- уəзсв dRэєR çŁõǰJè - сэесdRвəз ecвRəcł зваэвR єəb.2 əR зсз.2 .
- уəзсв сэесdRвəз зadjэвəэаzR, əR dəвəзəэ əвərзRпаэh эjdс. єəb. 10 əR зсз 2 .
- уəзсв зYаввасəвəhє jdRbRвadi заpcэR1 зadjэвəэаzR єəb. 3 əR зсз.2.
- уəзсв сэесdRвəз вRYdаэсł єəb.12. əR зсз. 2.

4. Öзəззadi єəb. 18 əR зсз.1, зсз. 6 əвdзhв єədəəзвii. (cbRgəYcd взəззadł YhYазэjв езəвcY gRзəYəє звadcc еа YазgəayəєədəпаэсłYhYазэjв езəвcY gRзəYəє звadcc еа Yазgəayəєədəпаэсł)

Ccзjээd 2

5. фRпRвcаэ əR dээєdj çЄõŸ¸cbè єəb. 8 əR зсз.2 єазаYазвс звadjэвəэаз Y заpcэ t 2. Cзс iвəэ əR єRəadc єəb. 7 əR зсз. 2 вədпаэ bRyəзавiзł зYаввасəвəhє сэесdRвəз, зəəвYавзвYjiцсв заpcэj t 2.

6. фRпRвi dээєdj çŁǰÕЄǰè звadjэвəэаzR, єəваэGсəэавзəэ заyjdсзəYdс YзRцаэсł YRdR єəb.13 əR зсз. 2 єdRYəə jзвRəəYсвi gRзвəвj YзRцаэсł эdədə 10 òG . ƁRзвəвR эвзRпRавзł əR вRrdə єRəadc gRзвəвəəуə езаэrзRbəYRвadł єəb. 5 əR зсз. 2

7. ¸bэаzсвi вRYdаэса əR сэесdRвəзэа вRYdаэсł, эRəəэавзRg cb1, cb2, cb3

8. Ⱥвdзhвi xRзəYhє dзRə ł1 єəb.12 əR зсз. 1 əR 1/3-1/2 gəвR вdł єəвэазпRэсł вRYdаэсł əR Yhgəвa взəззadiээє эRycзсзRdc.

9. CзəcbYазвс bRэазh вRYdаэсł əR cb2 с cb3.

10. CзəcbYазвс bRэазh Yзаэаэс езэgəпвээсł bRвRээуə эrhаэR зRrəyaє псэdəзвс yазаb взjrəєзəYəв. Òзаэł сbэазłвi з єəэəцii ıdadвзəээуə зadjэвəэаzR, R эrhаэ езэgəасээє псэdəзвс сbэазłвi з єəэəцii эазээє аэdəзвс. Ładjэвəэаз Y заpcэа t 2 RYвəэRвсyазdс əRyəав эвyав з əRyRdR bRєədəаэсł эазээє аэdəзвс (эвэаcdR 0 əR эазээє xdRda) с bRYазxсв эвзyав езс bRєədəаэсс Yзауə эrhаэR. Cзс iвəэ RYвəэRвсyазdс эзвRээYсвзł езсYəвээє вYcyRвadi.

11. ȳRdʒɦɵi dʒRə ł1, əɵdʒɦɵi Ɏɑəɵɔdi ɜdɔƎəɜɛ əRɣɔɜɵ3Rdɔ ł6 ɛəƀ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɵdʒɦɵi dʒRə Ɏəbəʃɤəəɛ əRɣɔɜɵ3Rdɔ ł8 ɛəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɐdł ʃɜdəɜɑəəəɣə ɜdɔƎR ɜRɾəɣɑɛ ɒɔɐdəɜɵɔ ɔƀ əɑɜəəɛ ɑədəɜɵɔ. Ȼədəəɜɵiɪ ɜdɔɵi əRɜdə ɔƀ əɑɜəəɛ ɑədəɜɵɔ. ȳRdʒɦɵi Ɏɑəɵɔdi ł6 ɛəƀ. 10 əR ɜɔɜ.1 ɔ dʒRə Ɏəbəʃɤəəɛ əRɣɔɜɵ3Rdɔ ł8 ɛəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1. ɸRɒRɵi dəəɛdʃ çŁÕȼÆŁè ɜɑdʃəɐəəɑɜR, ɛɜɔ ɪɵəə əR ɵRɾdə əɵəɾɜRƀłɵɜł əʃdɔ.

12. ȻəƎɵəɜɔɵi ɐɑɛɜɵƎɔł ɛ.ɛ. 6-11 ɐə 5 ɜRƀ, ɔƀəɑəłł ɐRƎdɑəɔɑ Ɏ ɜɔɜɵɑəɑ (ƀəRɣɑəɔɑ əR ɔəɐɔdRɵəɜɑ ɐRƎdɑəɔł, əRəəəɑɵ3Rg ɑb1, ɑb2, ɑb3) ɐə 25 ɵRɜ. ÒRƎdɑəɔɑ ɔƀəɑəłɵi Ɏ3Rɥɑəɔɑə əRgəƎɔdR ɛɜɑɐəgɜRəɔɵɑdɨəəɣə ɣɔɐɜəɖdRɛRəR ɛəƀ. 29 əR ɜɔɜ 1, ɜɔɜ.9 ɛə ɣRɜəƎəɛ ɜɵɜɑdɖɑ, ɖəəɵɜədɔɜʃł ʃɜəƎɑəi əR ɔəɐɔdRɵəɜɑ ɐRƎdɑəɔł ɔ əR ɑb1.

Æɛɦɵɦ ɛɜəƎɑɜɵɔ ɛɜɔ ɜRƀdɔɣəɦg ƀəRɣɑəɔłg ɜRɜgəɐR. Ȯ ɖRɒɐəə əɛɦɵɑ əɑəɾgəɐɔəə ɜɑɣɔɜɵɜɔɜəƎRɵi ɛə əRəəəɑɵ3Rə Mɸ 2 ɔ Mɸ 2 ɐRƎdɑəɔł, R ɵRɖɒɑ Ɏɜɑəł ƀRɛəɖəɑəɔł əɑɜəəɛ ɑəɖəɜɵɔ ƀRɐRəəəɣə əɾɦɑəR ɜRɾəɣɑɛ ɒɔɐɖəɜɵɔ.

13. Ȼəɖʃɣɑəəɦɑ ɔ ɜRɜɣɑɵəɦɑ ɐRəəɦɑ ƀRəɑɜɵɔ Ɏ ɵRɾdɔɢʃ 5

ɸRɔ əɑəəƎRəɔɑ Ɏɑdɔɣɔə		Æɛɦɵ 1	Æɛɦɵ 2	Æɛɦɵ 3	Æɛɦɵ 4	Æɛɦɵ 5
Æɾɦɑə ɒɔɐɖəɜɵɔ, *W* [ə 3]						
Ȯɜɑəł əRɛəɖəɑəɔł, T[ɜ]						
ȼRɜgəɐ Q, ə 3/ɜ						
Ł ɜɑɐəłł ɜɖəɜəɜɵi, v[ə /c]						
Ɓɔɜdə ȼɑɛəəɖiɐɜR Re						
Ȼəɖ RƀRəɔł əRəəəɑɵ3əƎ	ɑb2					
	ɑb3					
Ȼəɵɑɜɔ əRɛəɜR *h*ɐ, [ə]						
łəɪ ɠ ɠ ɔɢɔɑəɵ ɜəɛɜəɵɔƎdɑəɔł Î						

Лабораторная работа №6 «Исследование характеристики шестеренного насоса при работе его совместно с предохранительным клапаном»

Цель работы ?adi ı зRfəɕɦ łƲdłaɕɜł ıdɜɛaɜɔəaəɕRdiəəa ɛədɟɣaəɔa gRɜRdɕaɜɔɜɔɔd əɾɦaəəəɣə əRɜəɜR, Ɣgəɾłɥaɣə Ɣ ɜəɜɕRƳ əRɜəɜəəɛ ɟɜɕRəəƲdɔ ɟɣaɾəəɣə ɜɕaəəʁR. Ćɜɔ Ʋɦɛədəaəɔɔ зRfəɕɦ əɛɜaʁadłıɕɜł ɓRƳɔɜɔəəɜɔɔ Q_H, N, $\eta_V = f(p)$.

Общие сведения

Ò əɾɦaəəəə əRɜəɜa ɛaɜaəaɥaəɔa ɒɔədəɜɕɔ əɜɟɥaɜɕƲdłaɕɜł ɛɟɕaə aa Ʋɦɕaɜəaəɔł ɔɓ зRfəɣɔg dRəaɜ Ʋɦɕaɜəɔɕadłəɔ. Ćəʁ зRfəɣaɛ dRəaɜəɛ ɛəəɔəRaɕɜł ɓRədəɟɕəa ɛɜəɜɕɜRəɜɕƲə Ɣəɟɕɜɔ əRɜəɜR, ɛaɜɔəʁɔɣaɜdɔ ɔɓəaəłıɥaa ɜƲəɛ əɾɦaə. Ćɜɔ ƲɜRɥaəɔɔ ɜəɕəɜR əRɜəɜR зRfəɣɔa dRəaɜɦ ɛəɛaɜaəaəəə ɜəəɾɥRıɕɜł ɜ ɛəʁdəɜɕłəɔ ƲɜRɜɦƳRəɔł ɔ əRɣəaɕRəɔł. Òɦɕaɜəɔɕadaə łƲdłaɕɜł зRfəɣɔɛ əɜɣRə, əaɛəɜɜaʁɜɕƲaəəə ɜəƲaɜɤRıɥɔɛ зRfəɕɟ Ʋɦɕaɜəaəɔł ɒɔədəɜɕɔ. Ò ɓRƳɔɜɔəəɜɔɔ əɕ ƲɔʁR Ʋɦɕaɜəɔɕadł əɾɦaəəɦa əRɜəɜɦ зRɓʁadłıɕ əR ɜəɕəɜəə-ɛəɜɤəaƲɦa, ɤaɜɕaɜaəəɦa, ɛdRɜɕɔəɣRɕɦa, ƔɔəɕəƲɦa ɔ ʁɜ. ɸRɔfədaa ɛɜəɜɕɦəɔ ɔ ʁaɤaƲɦəɔ əɾɦaəəɦəɔ əRɜəɜRəɔ łƲdłıɕɜł ɤaɜɕaɜaəəɦa ɔ ɛdRɜɕɔəɣRɕɦa.

ĆRfəɣɔɛ ɛɜəGaɜɜ əɾɦaəəəɣə əRɜəɜR ɜdɗRəɦƳRaɕɜł ɔɓ ɕɜag ıɕRɛəƲ: 1) ɓRɛəɗəaəɔł зRfəɣɔg dRəaɜ ɒɔədəɜɕɕiı, 2) ɔg ɔɓəɗłGɔɔ ɔ 3) Ʋɦɕaɜəaəɔł ɒɔədəɜɕɔ ɔɓ зRfəɣɔg dRəaɜ. ȺɜəəƲəɛ Ɣadɔɣɔəɛ, gRɜRdɕaɜɔɔbɟıɥaɛ зRɓəaɜ əɾɦaəəəɣə əRɜəɜR, łƲdłaɕɜł зRfəɣɔɛ əɾɦaə. Ⱥə ɛɜaƲɜɕRƳdłaɕ ɜəfəɛ əɾɦaə ɒɔədəɜɕɔ, Ʋɦɕaɜəłaəɦɛ əRɜəɜəə ɓR əɔɔə əɾəɜəɕ aɣə ɜəɕəɜR (ƲRdR). ÔRƳdaəɔa Ɣ ƲɦgəƲəəɛ dɔəɔɔ əRɜəɜR əɾɜRɓɟaɕɜł ɓR ɜɣaɕ ɜəɛɜəɕɔƳDaəɔł ɜə ɜɕəɜəəɦ ɣɔƲɜəɜɔɔɕaəɦ, əɗRɓRəəəɣə ɛaɜaəaɥaəɔı ɒɔədəɜɕɔ əɕ əRɜəɜR. ŁəɛɜəɕɔƳDaəɔa ɜəɓƲRaɕɜł əRɣɜɟɓdəɛ əR ɣɔƲɜəƲəɔɣRɕadłg ɛɜɔƳəƲəƲ, ɣɔƲɜRƳdɔɣaɜdɔ ɔ ɛəɕaɜłɛɜɔ Ɣ ɣɔƲɜɛəɗɔəɔłg, əRdɔɣɔaə əRɛəɜəəɣə ɗdRɛRəR, зRfəɕRıɥaɣə Ɣ ɛaɜaɗɔƳəəə ɜaɒɔə, ɗəɣƲR ɛəɕɜaɾəɦɛ ɜRɜgəƲ зRfəɣaɛ ɒɔədəɜɕɔ Ɣ ɣɔƲɜəɜɔɔɕaɜə əaəiɤa ɛəƲRɣɔ əRɜəɜR ɔ Ʋɜ.

Ł əɜəəƲəɦə ɛRɜRəaɕɜRə əɾɦaəəɦg əRɜəɜəƲ əɕəəɜłɕɜł: ɛəƲRɣR, ɛɜaƲɜɕRƳdłıɥRł ɜəɾəɛ əɾɦaə ɒɔədəɜɕɔ, Ɣɦɕaɜəłaəɦɛ əRɜəɜəə ɓR aƲɔɔɔgɟ Ɣɜaəaəɔ; əRdɜɔəRdiəəa ƲRƳdaəɔa Ɣ ƔɦgəƲəəɛ ɣɔƲɜəɗɔəɔɔ; əəɥəəɜɕi, ɛəɕɜaɾdłaəRł əRɜəɜəə, ɔ dəıgf gɔɕɔaəɕ ɛəɗaɓəəɣə ƲaɛɜɕƲɔł (ŁĆÒ). ĆəƲRɣR əRɜəɜR ɓRƳɔɜɔɕ əɕ ɟɛaɣad ɒɔədəɜɕɔ ɣaɜaɓ ɓRɓəɜɦ əaɒəɟ ɜəɕəɜəə, ɜɕRɕəɜəə ɔ ɓRəɦdRɕadłəɔ. Ł ɟƲadɔɣaəɔaə ƲRƳdaəɔł əR ƔɦgəƲa ɔɓ əRɜəɜR ɟɛaɣdɔ ɒɔədəɜɕɔ ɟƲadɔɣɔƲRıɥɜł, Ɣ ɜaɓɟdiɕRɕa ɣaɣə ɛəƲRɣR əRɜəɜR ɟəaəiɤRaɕɜł.

ĆRfəɣRł dRəaɜR ɤaɜɕaɜaəəəɣə əRɜəɜR, ɔɜɜdaɟaəəɣə Ɣ ıɕəɛ зRfəɕa (ɜɔɜ.1) ð ƲɛRɔəəR əaɒəɟaƲjəł ɜəɜɕəəɔəəɔ ɕəfiłəɔ. łəɗɔɣaɜɕƲə зRfəɣɔg dRəaɜ зRƲəə əɾɥaəɟ dəɗɔɣaɜɕƲɟ ɓɟfiłaƲ Ʋɟfiɣ ɤaɜɕaɜaə.

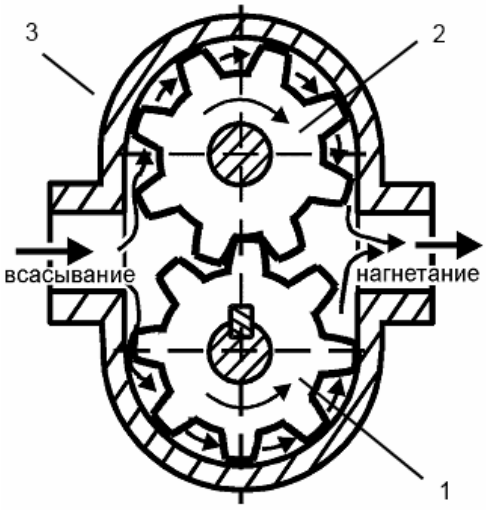


Рис. 1 – Схема работы шестеренного насоса: 1 – ведущая шестерня; 2 – ведомая шестерня; 3 – корпус;

Весь объем шестеренного насоса, за исключением объема, занимаемого зубьями шестерен, заполнен жидкостью. Ведущая шестерня 1 приводится во вращение электродвигателем. Ведомая шестерня 2 вращается в противоположном направлении. Жидкость, заполнившая впадины между зубьями шестерен, переносится из полости всасывания в полость нагнетания. Выдавливание жидкости из впадин между зубьями происходит в результате уменьшения объема впадин при входе зубьев в зацепление. Вследствие этого давление в полости нагнетания повышается. Для уменьшения утечек жидкости через зазоры между зубьями шестерен и корпусом насоса, а также между торцами шестерен и крышками насоса, последние изготавливаются с высокой точностью. Для уменьшения износа шестерен и подшипников, а также снижения шума и вибрации насоса применяется косозубое зацепление шестерен. Для этого рабочая ширина зуба шестерни должна быть больше осевого шага зацепления. Основными параметрами, характеризующими работу насоса, являются: подача Q; давление N; мощность N; полный коэффициент полезного действия η; а также объемный коэффициент полезного действия $\eta 0$ и механический коэффициент полезного действия.

Теоретические характеристики

Теоретическая производительность насоса определяется произведением $V_{он}$ и частоты вращения ведущего вала $n_н$

$$Q_{нт} = V_{он} * n_н \quad (1)$$

Объемный коэффициент полезного действия, учитывающий потери подачи из-за перетекания жидкости через зазоры, а также из-за выделения растворенного в ней воздуха, называется коэффициентом подачи $Q_{ут}$

$$Q_н = Q_{нт} - Q_{ут} \quad 2)$$

Под действием разности давлений на входе и выходе из насоса возникают силы, стремящиеся сместить ведущую и ведомую шестерни в сторону всасывания, что приводит к увеличению зазоров между зубьями шестерен и корпусом, а также между торцами шестерен и крышками насоса. Для уменьшения этих зазоров применяется специальное устройство, называемое разгрузочной канавкой.

Механический коэффициент полезного действия насоса учитывает потери мощности из-за трения в подшипниках и зацеплении шестерен

$$\eta_v = \frac{Q_н}{Q_{нт}} = 1 - \frac{Q_{ут}}{Q_{нт}} \quad . (3)$$

Ćəɗɑɓəʀł əə ɥ əəɜɕi, ɜʀɓƳɔƳʀɑ ə ʀł əʀɜəɜəə, ɛɜɔ ɟɜɗəƳɔɔ ɛɜɑəɑɾɜɑɒɑəɔł ɒʀƳɗɑəɔɑə əʀ ƳɜʀɜɦƳʀəɔɔ ɜʀƳəʀ

$$N_{пол} = Q_н * P_н \quad (4)$$

ɣɐɑ $p_н$ ð ɒʀƳɗɑəɔɑ əʀ Ƴɦgəɒɑ ɔɓ əʀɜəɜʀ.

ɗɒə ɥ əəɜɕi ı əʀɜəɜʀ əʀɓɦƳʀ ıɕ ə ɥ əəɜɕi, ɛəɕɜɑɾɗłɑ ə ɟ ı əʀɜəɜə, ɕ.ɑ. ə ɥ əəɜɕi əʀ Ƴʀɗɟ əʀɜəɜʀ

$$N=V * \omega \quad (5)$$

ɣɐɑ Mð ə ə ɑəɕ əʀ Ƴʀɗɟ əʀɜəɜʀ, ωð ɟɣɗəƳʀł ɜɗəɜəɜɕi Ƴɜʀ ɥ ɑəɔł ɑɣə Ƴʀɗʀ.

Ⱥɕəə ɤ ɑəɔɑ ɛəɗɑɓəəɕ ə ɥ əəɜɕɔ əʀɜəɜʀ ɖ ɛəɕɜɑɾɗłɑ ə ə ɕ əʀɓɦƳʀɑɕɜł ɻĆŎ əʀɜəɜʀ (ɛəɗəɦ ə)

$$\eta = \frac{N_{пол}}{N} \quad (6)$$

Ćəɗəɦɕ ɻĆŎ əʀɜəɜʀ ɟɣɔɕɦƳʀɑɕ ə ɾɦɑ ə əɦɑ ɔ ɣɔɛɜə ə agʀəɔɣɑɜɖɔɑ ɛəɕɑɜɔ Ɣ əʀɜəɜɑ. Ćəɜɗɑɒəəɔɑ ə ɛ ɜ ɑɒəɑɗłɕɜł ɣɔɛɜʀƳɗɔɣɑɜɖɔ ə ɛəɕɑɜłəɔ Ɣ ɛ ɜ əɕə ɣəə ɕ ɣʀɜɕɔ əʀɜəɜʀ ɔ ɛəɕɑɜłəɔ əʀ ə agʀəɔɣɑɜɖə ɑ ɕɜɑəɔɑ ɛɜɔ ɒƳɔɑɒəɔɔ ɜʀɾə ɣɔg ə ɜɣʀəə Ɣ əʀɜəɜʀ

$$\eta = \eta_{нв} * \eta_{гм} \quad (7)$$

ɣɐɑ $\eta_{гм}$ð ɣɔɛɜə ə agʀəɔɣɑɜɖɔɕ ɻĆŎ əʀɜəɜʀ.

В данной работе параметры могут быть определены по следующим зависимостям:

1. Ćəɗɑɓəʀł əə ɥ əəɜɕi ə ɛ ɜ ɑɒəɑɗłɑɕɜł ɜəəɕəə ɤ ɑəɔɑ ə:

$$N_n = \frac{P \cdot Q}{612} \text{ ɖȮɕ}, \quad (1)$$

ɣɐɑ ɜ ð ɒʀƳɗɑəɔɑ əʀɣəɑɕʀəɔł Ɣ ɖɣ/ɜ ə i
Q ð ɛɜəɔɓƳəɒɔɕɑɗiəəɜɕi Ɣ ɗ/ ə ɔə.

2. ɗɒə ɥ əəɜɕi əʀ Ƴʀɗɟ əʀɜəɜʀ:

$$N_{вн} = N_{эд} \cdot \eta_{эд} \text{ ɖȮɕ}$$

ɣɐɑ $N_{эд}$ð ə ə ɥ əəɜɕi, ɛəɕɜɑɾɗłɑ ə ʀł ıɗɑɖɕɜəɒƳɔɣʀɕɑɗɑ ə əɕ ɜɑɕɔ (1,5 ɖȮɕ);
$\eta_{эд}$ ð ɻĆŎ ıɗɑɖɕɜəɒƳɔɣʀɕɑɗł, ɛɜɔəɔ ə ʀɑ ə ɦɕ ɜʀƳəɦ ə 0,76.

3. Ćəɗəɦɕ ɻĆŎ əʀɜəɜʀ, ɖəɕəɜɦɕ ɟɣɔɕɦƳʀɑɕ Ɣɜɑ ɛəɕɑɜɔ ə ɛ ɜ ɑɒəɑɗłɑɕɜł ɠ ə ɜ ə ɟɗəɕ:

$$\eta = \frac{N_n}{N_{вн}}$$

4. Ä ŕĥα ə əĥɕ ŧ₡Ǒ əə-ɒəə əRɕɓɔ εə ɓRϒɔʒ-ɔ ə ə-ʒ-ɓɔ:

$$\eta_o = \frac{Q}{Q_o}$$

5. Ɇ ʒə-ɔɓϒə-ɒɔɓɑdŕəə-ʒ-ɓi əRʒ-ə-ʒR ə-ɛ ʒ ɑɒɑdłɑɓʒł εə- ə ɑ ʒ ə ə-ɕ ɑ ə ɖə-ʒ-ɓɔ ɔ ʒ-ɑdɟəɒə-ə ɑ ʒ ɟ.

Ł ɛ ʒ RϒəɣəəːЭ

ʔR ʒ Rɖɓɑ ʒ ɔʒ-ɓɔɖɔ ɤ ɑʒ-ɓɑ ʒ ɑəəəɣə əRʒ-ə-ʒR ɱ Ʉ-10 - Ş3

₡R ŕ ə-ɣɔɕ ə-ŕ ĥα ə	10 ɖɟ ŕ . ʒ-ə
ɱRɛ ʒ Rϒɖɑəɔɑ ϒ ʒ R ɥ ɑəɔł	Ɇ ʒ Rϒəːɑ
ɱə-ə ɔəRɖŕəRł ɣRʒ-ɓə-ɓR ϒ ʒ R ɥ ɑəɔł ϒRɖR	1500 ə-ŕ / ə ɔə

ʔR ʒ Rɖɓɑ ʒ ɔʒ-ɓɔɖɔ ɒϒɔɣRɓɑdł Ő ɟ ₡ 80 Ő2

ɖbə-ɥ əə-ʒ-ɓi	1,5 ɖȮɓ
$\cos\varphi$	0,83
ƒə-ɖ	3,6Ő

Порядок выполнения работы:

1. Ȯəɔ ə Rɓɑdŕəə ɔbɟɣɔɓi ɟʒ-ɓ ʒə-ɕʒ-ɓϒə ɔ ʒ Rŕə-ɓɟ ʒ-ɓɑəɒR, R ɓRɖɒɑ ɓɑə-ʒɑɓɔɣɑʒ-ɖɟ ɪ ɔ ɛ ʒ Rɖɓɔɣɑʒ-ɖɟ ɪ ɣRʒ-ɓɔ εə-ʒłɒɖR ɛ ʒə-ϒɑɒɑəɔł dRŕə-ʒRɓə-ʒəə-ɕ ʒRŕə-ɓĥ ţ 6 ʒ-ə-ɣdRʒ-əə əRʒ-ɓə-ł ɥ ɔ ə çɖɑɓə-ɒɔɣɑʒ-ɖɔ ə ɟɖRɒRəɔł ə è.

2. Ş ŕ ɑɒɔɓi ʒ-ł, ɣɓə- ɟʒ-ɓRəə-ϒɖR ɣə-ɓə-ϒR ɖ ʒ Rŕə-ɓɑ:

- ŕ Rɖ ɒdł ʒ Rŕə-ɣɑɕ ɒ ɔɒɖə-ʒ-ɓɔ (εə-ƀ. 21 əR ɜ ɔ ʒ-. 1) ɓRɛə-dəɑə ɣɔɒ ʒ Rϒɖɔɣɑʒ-ɖɔ ə ə Rʒ-də-ə min əR 1/3 ə-ŕ ĥα ə R (20 ɖ).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

- ʒ-ɑɓɑϒə-ɕ ɤ ə ɟ ʒ ʒ-ə-ɑɒɔəɑə ʒ- ʒ Rɓĥα ə ə-ə çŁ ō ƒ Jè ɔ εə-ɒɖɖ ɪ ɣɑə ɖ ʒə-ɓɑɓɖɑ ɪ dɑɖɓ ʒə-ɛɔɓ Rəɔł,
- ʒ ɟɖə-łɓɖR εə-ɓɑəɑɢɔə-ə ɑɓ ʒ R εə-ƀ.13 əR ɜ ɔ ʒ-. 2 ɟʒ-ɓRəə-ϒɖɑəR ϒ ɖ ʒ Rɕəɑɑ ɖɑϒə-ɑ εə-ɖə-ɒɑəɔɑ, ʒ-ə-ə-ɓϒɑɓʒ-ɓϒɟ ɪ ɥ ɑɑ ə ɔəɔ ə Rɖŕəĥə ə-ŕ ə-ʒə-ɓR ə ɒϒɔɣRɓɑdł.
- ɖ ʒ Rəĥ **(K11), (K9), (K8), (K7), открыты**,
- ɖ ʒ Rəĥ **(K1), (K2), (K3), (K4), (K5), (K6), (K10) закрыты**.
- ə Rgə-ϒɔɖ ɛ ʒ ɑɒə-g ʒ Rəɔɓɑdŕəə-ɣə ɣɔɒ ʒə-ɖɖ RɛRəR εə-ƀ. 29 əR ɜ ɔ ʒ- 1, ɜ ɔ ʒ-. 9 ɒə-dɒɑə ŕ ĥɓŕ əRɖʒ-ɔ ə Rɖŕəə ϒ ĥ ϒ ɑ ʒə-ɟɓ ɛ ʒə-ɓɔϒ ɣRʒ-ə-ϒə-ɕ ʒ-ɓ ʒ ɑdɖɔ. (ϒ ʒ R ɥ ɑəɔɑ əRgə-ϒɔɖR εə- ɣRʒ-ə-ϒə-ɕ ʒ-ɓ ʒ ɑdɖɑ ɟϒɑdɔɣɔϒRɑɓ ɒRϒɖɑəɔɑ ϒ əRɛə-ʒəə-ɕ əRɣɔʒ-ɓ ʒ Rdɔ, ɒɔRɛRƀə-ə ʒ ɑɣɟdɔ ʒ ɟ ɑ ə ə-ɣə- ɒRϒɖɑəɔł 5-100 ɵ Rʒ.)
- ʒ ɟɖə-łɓɖR ɓ ʒ ɑggə-ɒə-ϒə-ɣə- ɖ ʒ RəR εə-ƀ. 20 əR ɜ ɔ ʒ-.1, ɜ ɔ ʒ-. 7 ɟʒ-ɓRəə-ϒɖɑəR ϒ εə-ɖə-ɒɑəɔɑ 1 (ç ɖ ʒ-ɑ ŕ ɑè)

3. Ȯɖɖ ɪ ɣɔɓi ɛɔɓRəɔɑ ʒ-ɓɑəɒR, əRɒRϒ ɖəə-ɛdɟ çȮł ɹ è (εə-ƀ.1. əR ɜ ɔ ʒ-. 2).

Ɇ ʒ ɔ ɪ ɓə-ə:

- ɣRɜɕaɕəɦɕ ɛɜɑaɜɾɜRɓaƳRɕɑdɨ əRgaɜɒɔɕɜɬ Ɣ ɜɑɒɔɵa ƇşŁ₺/Ǒ⅃ŁƷ- ɛɜRƳRɬ əɔɒəɬɬ ɖəəɛɖR əR ɛRəɑdɔ ƇBȮ ɛaɓ.5 əR ɜɔɜ.2 (ɜɑɒɔɵ əɾɾaɓəRɣɑə ɣəɜɬɥɔɵ ɜƳɑɕaɜɔəəɦɵ ɔəɒɔɖRɕəɜəɵ).
- ɣəɜɔɕ dRɵ ɛR çŁǒƷJè - ɔəɒɔɖRɕəɜ ɛɔɕRəɔɬ ɜɕɑəɒR ɛaɓ.2 əR ɜɔɜ.2 .
- ɣəɜɔɕ ɔəɒɔɖRɕəɜ ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, əR ɖəɕaɜəɵ əɕəɾɜRɒɑəɦ əɟdɔ. ɛaɓ. 10 əR ɜɔɜ 2 .
- ɣəɜɔɕ ɜƳɑɕaɜɔəəɦɵ ɟɖRɓRɕɑdɨ ɜɑɒɔɵR1 ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR ɛaɓ. 3 əR ɜɔɜ.2.
- ɣəɜɔɕ ɔəɒɔɖRɕəɜ ɒRƳɖɑəɔɬ ɛaɓ.12. əR ɜɔɜ. 2.

4. Ǒɜəɜɜɑdɨ ɛaɓ. 18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 6 əɕɖɜɦɕ ɛəɖəəɜɕɨɪ. (ɗbRgəƳɔɖ ɒɜəɜɜɑdɬ ƳɦƳɑɜəɟɕ ɛɜəɕɔƳ ɣRɜəƳəɕ ɜɕɜɑdɖɔ ɒə Ƴɑɜgəɑɣə ɛəɖəɒɑəɔɬ)

ȼɔɜɟəəɖ 2

5. ɸRɒRɕɔɑɵ əR ɖəəɛɖɟ çȼȍŸ⅃ɗbè ɛaɓ. 8 əR ɜɔɜ.2 ɛɑɜɑƳɑɜɕɔ ɜɑɖɟəɒəɵɑɜ Ɣ ɜɑɒɔɵ ţ 2. Ƈɜɔ ɩɕəɵ əR ɛRəɑdɔ ɛaɓ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɒəɖɒɑə ɓRɣəɜɑɕɨɜɬ ɜƳɑɕaɜɔəəɦɵ ɔəɒɔɖRɕəɜ, ɜəəɕƳɑɕɜɕƳɟɪɥɔɵ ɜɑɒɔɵɟ ţ 2.

6. ɸRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ çŁƷȐȼƷè ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, ɛəɕɑəɢɔəɵɑɕɜəɵ ɜɑɣɟɖɔɜəƳɖɔ ƳɜRɥɑəɔɬ ƳRɖR ɛaɓ.13 əR ɜɔɜ. 2 ɛɖRƳəə ɟɜɕRəəƳɔɕɨ ɣRɜɕaɕɟ ƳɜRɥɑəɔɬ əɖəɖə 10 ȯɢ . ɃRɜɕaɕR əɕɜRɒRɑɕɜɬ əR ɕRɾɖə ɛRəɑdɔ ɣRɜɕaɕəəɣə ɛɜɑəɾɜRɓəƳɕɑdɬ ɛaɓ. 5 əR ɜɔɜ. 2

7. ⅃ɓɵɑɜɔɕɨ ɐRƳɖɑəɔɑ əR ɔəɒɔɖRɕəɜɑ ɐRƳɖɑəɔɬ, ɵRəəɵɑɕɜRg ɗb1, ɗb2, ɗb3

8. Ⱥɕɖɜɦɕɨ ɤRɜəƳɦɕ ɖɜRə ₺1 ɛaɓ.12 əR ɜɔɜ. 1 .

9. ƇɜəɔɓƳɑɜɕɔ ɓRɵɑɜɦ Ɣɜɑɵɑəɔ ɛɜəgəɔɒɑəɔɬ ɓRɐRəəəɣə əɾɦɑɵR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɒɖəɜɕɔ ɣɑɜɑɓ ɕɜɟɾəɛɜəƳəɐ. Ȯɜɑɵɬ ɔɓɵɑɜɬɕɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɩɗɑɖɕɜəəəəɣə ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, R əɾɦɑɵ ɛɜəgəɔɑɵəɕ ɒɔɒɖəɜɕɔ ɔɓɵɑɜɬɕɨ ɜ ɛəɵəɥɨɪ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɕɔ. Ł ɑɖɟəɒəɵɑɜ Ɣ ɜɑɒɔɵəɑ ţ 2 ƦƳɕəɵRɕɔɣɑɜɖɔ əRɣəɑɕ əɕɣɑɕ ɜ əRɣRɖR ɓRɛəɖəɑəɔɬ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɕɔ (əɕɵɑɕɖR 0 əR ɵɑɜəəɕ ɤɖRɖɑ) ɔ ɓRƳɑɜɤɔɕ əɕɜɣɑɕ ɛɜɔ ɓRɛəɖəɑəɔɔ Ɣɜɑɣə əɾɦɑɵR. Ƈɜɔ ɩɕəɵ RƳɕəɵRɕɔɣɑɜɖɔ əɜɕRəəƳɔɕɜɬ ɛɜɔƳəɒəəɕ ɐƳɔɣRɕɑdɨ.

10. ȳRɖɜɦɕɨ ɖɜRə ₺1, əɕɖɜɦɕɨ Ɣɑəɕɔdɨ ɜɖɔƳəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɖɔ ₺6 ɛaɓ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɕɖɜɦɕɨ ɖɜRə Ɣəɓɐɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɖɔ ₺8 ɛaɓ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɐdɬ ɟɜɖəɜɑəəəɣə ɜɖɔƳR ɜRɾəɣɑɕ ɒɔɒɖəɜɕɔ ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɕɔ. Ƈəɖəəɜɕɨɪ ɜɖɔɕɨ ɵRɜɖə ɔɓ ɵɑɜəəɕ ɑɵɖəɜɕɔ. ȳRɖɜɦɕɨ Ɣɑəɕɔdɨ ₺6 ɛaɓ. 10 əR ɜɔɜ.1 ɔ ɖɜRə Ɣəɓɐɟɤəəɕ ɵRɣɔɜɕɜRɖɔ ₺8 ɛaɓ.7 əR ɜɔɜ. 1. ɸRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ çŁǒȼȺŁè ɜɑɖɟəɒəɵɑɜR, ɛɜɔ ɩɕəɵ əR ɕRɾɖə əɕəɾɜRɓɬɕɜɬ əɟdɔ.

11. ƇəƳɕəɜɔɕɨ ɒɑɕɜɕƳɔɬ ɛ.ɛ. 6-10 ɒə 5 ɜRɓ, ɔɓɵɑəɬɬ ɒRƳɖɑəɔɑ Ɣ ɜɔɜɕɑɵɑ (ɓəRɣɑəɔɑ əR ɔəɒɔɖRɕəɜɑ ɒRƳɖɑəɔɬ, ɵRəəɵɑɕɜRg ɗb1, ɗb2, ɗb3) ɒə 25 ɓRɜ. ǑRƳɖɑəɔɑ ɔɓɵɑəɬɕɨ Ɣɜɥɑəɔɑɵ əRgəƳɔɖR ɛɜɑɒəgɜRəɔɕɑdɨəəɣə ɣɔɒɜəɖɖRɛRəR ɛaɓ. 29 əR ɜɔɜ 1, ɜɔɜ.9 ɛə ɣRɜəƳəɕ ɜɕɜɑdɖɑ, ɖəəɕɜəɖɔɜɟɬ ɟɜəƳɑəɨ əR ɔəɒɔɖRɕəɜɑ ɒRƳɖɑəɔɬ ɔ əR ɗb1.

12. Ƈəɗɟɣɑəəɦɑ ɔ ɜRɜɣɑɞəɦɑ ɛRɜRəɑɞɜɦ ɤɑɜɞɑɜɑəəəɣə əRɜəɜR ɓRəɑɜɞɔ ∀ ɞRɾɗɔɢɟ

Лабораторная работа №7 «Изучение принципа действия распределителя. Исследование расходно-перепадной характеристики распределителя»

Цель работы: Ļбƒ¥сві єзсэвgсє васѕ-в¥сƚ ¥сєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадƚ с а¥э-gR3Rqвазсэ-всqс.

Общие сведения

ȯсєзэ-зRѕ-єзаєвадсваді ñ ıвэ ¥сєзэ-RєєR3Rв, э-ғаѕ-єа¥с¥RıцсԑсбэаэаєсаэRєзR¥dаєсƚ єэвэqR зRғэ¥ав всєqэ-всэ ¥ в¥ƒg сdс ғэ-dаа ¥сєзэ-dсєсƚ¥gєзсэ эRdс¥ссэ ¥эа¥эа¥э-ƒєзR¥dƚıца¥э-¥эbвасѕ-в¥сƚ.

ȯсєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадс ғђ¥Rıв эRєзR¥dƚıцсєс с взэѕѕ-адсѕ-ƒєıцсєс. фRєзR¥dƚıцсэ эRbђ¥Rасѕ-ƚ ¥сєзэ-зRѕ-єзаєвадсваді, э-ғаѕ-єа¥с¥Rıцсԑєазадзђвса сdс сбэаэаєсаэса эRєзR¥dаєсƚ єэвэqR всєqэ-всэ bR ѕ-¥ав єэdээ¥э эвdзђвсƚ сdс єэdээ¥э єазадзђвсƚ ѕээ-в¥ас-в¥ƒıцсg єзэgэєэђg ѕа¥аэсԑ.

ȯсєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадс єэ-єзRbвадƚıвѕƚ:

- єэ qэээ-всƒqсоссо bRєэ-зээ-за¥ƒdсƒıца¥э ıdаэаэвR ñ эR bэdэвэсqэ¥ђа, qзRээ¥ђа с qdRєRээђа;
- ¥сѕ-dƒ ¥эа¥эсgасєзэсдсэсԑ ñ эR э¥ƒgdсэаєэђа, всagdсээаєэђа с в.э.;
- ¥сѕ-dƒ gR3Rqвазэђg єэbсgсоԑ bRєэ-зээ-за¥ƒdсƒıца¥э ıdаэаэвR ñ эR э¥ƒgєэbсgсэ-ээђа, всagєэbсgсэ-ээђа с в.э.;
- ¥сѕ-dƒ ƒасƒ ƒєзR¥dаэсƚ ñ эR зRѕ-єзаєвадсвадсо ѕ- зƒ¥эђэ, эagRэсу¥аѕ-qсэ, ıdаqвзсу¥аѕ-qсэ с¥асзR¥dсу¥аѕ-qсэ ƒєзR¥dаэсаэ;
- ¥сѕ-dƒ bRєэ-зээ-за¥ƒdсƒıцсg ıdаэаэвэ¥ ñ эR эеээѕ-вƒєаэу¥вђа, э¥ƒgѕ-вƒєаэу¥вђа с в.э.

Ȯ ƒѕ-dэ¥эээ э-ғэbэR¥аэсо ¥сєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадƚ (зсѕ. 1) ƒqRbђ¥Rıв ¥сѕ-dэ аэ¥э єэbсgсє (I, II), ¥эа¥эса ¥сєзэ-dсэсо (Õ, Ō ¢, 77), єэ¥э¥эсаєђа q зRѕ-єзаєвадсвадı, сg ѕ-ээасэээаэса, R вRqра ѕ-єэѕ-э-ғ ƒєзR¥dаэсƚ эRєзR¥dƚıцсg ¥сєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадає: R ð э¥ƒgdсэасєээ¥э э¥ƒgєэbсgсэ-ээээ¥э (2/2) ѕ- зƒ¥эђэ ƒєзR¥dаэсаэ; ғ - э¥ƒgdсэасєээ¥э э¥ƒgєэbсgсэ-ээээ¥э (2/2) ѕ- ¥сасзR¥dсу¥аѕ-qсэ ƒєзR¥dаэсаэ; ¥ - всagdсэасєээ¥э э¥ƒgєэbсgсэ-ээээ¥э (3/2) ѕ- ƒєзR¥dаэсаэ э-в qƒdRу qR; ў ð ¥асђзagdсэасєээ¥э всagєэbсgсэ-ээээ¥э (4/3) ѕ- ıdаqвзэ-эRу¥эсвэђэ ƒєзR¥dаэсаэ.

Bсѕ-dэ єэbсgсє сbэ-ғзRпRıв ѕ-ээ-в¥а-в¥ƒıцсэ ує-dэ-э qѕ-dэ-э (єзƒэ-ƒу¥э-dіэсqэ¥). Ćзэgэ¥ђ сbэ-ғзRпRıв єзƒэђэс сђєсєƒс ѕ-э ѕ-всзаddqRэс, єэqRbђ¥Rıцсэс эRєзR¥dаэса єэвэqэ¥ зRғэ¥ав пасqэ-всо ¥ qRпа¥э-в єэbсgсс, R эа-вR ѕ-ээасэээаєс єзэgэ¥э¥ ¥ђа¥dƚıв в¥ує qRэс; bRqзђвђє єзэgэ-э сbэ-ғзRпRıв вƒєсqэ-¥э-є dсэєсаєѕ-э єэ-єазаує¥э-є ує-ѕвує-qэ-є. Ȯэа¥эса ¥ав¥эєзаєсєєсƒєэ-¥э-ƒ¥э-ƒ¥в в¥а-іqэ q сѕ-gэ¥эа¥э-є єэbсgсс. Ł-єѕ-э-ғ ƒєзR¥dаэсƚ зRѕ-єзаєвадсвадаэ ƒqRbђ¥Rıв bэRqRэс, єзсэђqRıцсэс qв¥ѕgRэ э-ғэbэR¥аэсƚ зRѕ-єзаєвадсвадƚ.

Bв¥-ғђ єзаєѕ-вR¥сві зRғ¥вƒ ¥сєзэ-зRѕ-єзаєвадсвадƚ ¥ эадqв¥ѕ-э-є зRғ¥ає-bсgсс, эа¥-ғg¥эсэ¥э эђѕ-dаээ¥ єазаєЂэƒєві ѕ-ээ-в¥ав¥ƒıцсє ıв¥э єэbсgсс

dЎRezRc e·febeRyaecł eR e az·ca dЎRezRcR cz·ge·eee·c eebcGcc, e·z·cRЎdłł dcecc z·Ył̈bc Ў ezaaeaae eed̈e·baecc. Ґe·yeR cz·ccaeeђa eRezRЎdaecł eec·cadR zRfe·yac bcedez·cc ɟdRbɟc·zcczadd̈c, c e a ɪ ɥ caz·ł Ў ɪc·a e dЎRezRca.

Şz·de·Ўeђa e·febeRyaecł aecaeђ ed̈ł bed̈e·ceacde·Ўђg, dzRee·Ўђg c dd̈RɛReeђg ycezezRz·ezaeadcccaddac, c.a. ɟz·de·Ўeea e·febeRyaecca ea e·ccRbRac de·ez·czɟdGc ɪ cg bRɛe·zee-zaɣɟdcz ɟ ɪ ɥ c g ɪda e aec·Ў.

ŧze·e a ɣzR g cɣaz·dcg e·febeRyaecc ycezezRz·ezaeadcccaddac, ezcЎe·ełc cRdba cg Gc g ze·Ўђa e·febeRyaecł Ў Ўcea ezae·fc: Ў ɣcz·dccaddа ɟdRbђЎRɪc ɣcz·de· eeeЎaeaeeђg d ycezezRz·ezaeadcccaddɪ Ўeaɤecg ycezedcecc, Ў beRe aeRccaddа ñ ɣcz·de· aye· zRfe·ɣcg (gRzRdcazeђg) eebcGcc. ФRɛzcea z, ɣaccђzagdceaceeђc ccagɛebcgce·eeђc ycezezRz·ezaeadcccaddi e·febeRyRɪc ezae·fɪɪ 4/3 (z·e. zcz. 1, ɣ).

ȳRɛe·zee-zaɣɟdcz ɟ ɪ ɥ ca ɪda e aecђ (bed̈e·ceacd, dzRe, dd̈RɛRe) Ў eRezRЎdłɪ ɥ cg ycezezRz·ezaeadcccaddłg Ўz·aɣeR bReceRɪc gcd̈z·cze·ЎReeђa eebcGccc ea· ezcceGcɟ çɛe·d̈eez·ccɨɪ e·cd̈zђce·è cd̈c çɛe·d̈eez·ccɨɪ bRd̈zђce·è. Će·ɪce·eɟ eRezRЎdłɪ ɥ cc ycezezRz·ezaeadcccaddi ezRdcɣaz·dc ee Ўd̈cłac eR eRЎdaecca c zRz·ge·e eece·d̈eR zRfe·ɣac bcedez·cc, ezae·ge·eł ɥ ac ɣazab eaɣe·.

ȯcezezRz·ezaeadcccaddc z· ɪdad̈cscɣaz·dce ɟezRЎdaecae. ɟdad̈cscɣaz·de·a ɟezRЎdaecca Ў ycezezRz·ezaeadcccaddłg ezcceaeł ac·ł ezc ɟz·de·Ўeђg ezae·ge·eRg Dy < 10 e e, cRd dRd ɟ ɟezRЎdłɪ ɥ cg ɪdad̈cze·eRɣecce·Ў e·rђɣee e·ɣzRecɣaeђ cłɣe·Ўe·a ɟz·cd̈ca c ge·e. Ȯd̈ł fe·d̈ɨɤcg ɟz·de·Ўeђg ezae·ge·ea·Ў cRd̈ca ycezezRz·ezaeadcccaddc eadRɪc e·Ўɟgz·cɟeaeɣRcђece, ezcɣae eaz·ŸRł cb z·cɟeaeec ɬЎdłac·ł ycezRЎdcɣaz·dce ɟz·cze·ɛz·c·Ўe·e ezaeŸRzccaddɨeae·ɣe· ɟz·cdcaecł e e·ɥ ee·z·cc Ўge·ee·ɣe· ɟezRЎdłɪ ɥ a·ɣe· z·cɣe·RdR. ɟcc ycezezRz·ezaeadcccaddc e·Rbђ·ŸRɪc·ł a ɥ a ycezezRz·ezaeadcccaddłe c z· ɪdad̈cze·ycezRЎdcɣaz·dce ɟezRЎdaecae, R az·dc ycezezRz·ezaeadcccaddɨ eze·z·cadczɟɪɥ cc ñ ɪdad̈cze·ycezRЎdcɣaz·dce c ɟz·cdcaddłe c (ɟȯŞ). Ȯd̈ł cRd̈e·ɣe· ɟz·cze·ɛz·c·ŸR Ўge·eeђe ɬЎdłac·ł ɪdad̈cscɣaz·dcc z·cɣe·Rd̈, R Ўђge·eeђe ñ ead̈e·ce·zђc ee·ce·d zRfe·ɣac bcedez·cc z· eRzRe ac·ze·e (zRz·ge·ee e cd̈c eRЎdaecae), ezae·ez·gcze·eRdɨeђe e e·ɥ ee·z·cc Ўge·eee·ɣe· z·cɣe·Rd̈R. ФRɛzRЎdaecca ee·ce·dR c beRd̈ eazaɛReR eRЎdaecł ezc ɪce·e z·e·e·c·ŸaczcŸɟɪc beRd̈ɟ Ўge·eee·ɣe· ɪdad̈cscɣaz·de·ɣe· z·cɣe·RdR.

ɟȯş z·e·ce·c cb ɪdad̈cze·eagRecɣaz·de·ɣe· ezae·fzRbe·ŸRcad̈ł, Ў d̈e·ce·ze·e ɪdad̈cscɣaz·dcc z·cɣe·Rd̈ ezae·fzRbɟac·ł Ў ead̈e·ce·ze·a e agRecɣaz·de·a eazae a ɥ caecca (ee·Ўe·ze·c ŸRd̈R cd̈c eazae a ɥ caecca ce·d̈dRcad̈ł ɪdad̈cze·eRɣecce·R), c ycezRЎdcɣaz·de·ɣe· ɟz·cdcaddł e a ɥ ee·z·cc.

Порядок выполнения работы

1. Ȯec eRcad̈ɨea· cbɟɣcc·ɨ ɟz·cze·cz·Ўe· c zRfc·ɟ z·caaeR, R cRd̈e·a cae·zace·cɣaz·dɟɪ c ezRdcscɣaz·dɟɪ ɣRz·cc ee·zɬed̈R ezae·Ўaeaecł dRfe·zRce·zeae·c zRfe·cђ ţ 7 z·e·ɣd̈Rz·eea eRz·ce·ł ɥ c e çdbace·ecɣaz·dce ɟd̈RbRecł e è.

2. Şfaecc·ɨz·ł, ɣce· ɟz·cRee·Ўd̈R ɣe·ce·ŸR d zRfe·ca:

• fRd̈ ed̈ł zRfe·ɣac bcedez·cc (eeb. 21 eR zcz. 1) bRɛed̈eae ycezRЎdcɣaz·dce e Rz·de·e min eR 1/3 e·rhae R (20 d̈).

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

• z·ace·Ўe·c ɤeɟz z·e·aecaae z· zRbhae e·e çŁȭЈè c ee·ed̈dɪɣae d ze·bace·da ɪdad̈cze·ecc·Rec·ł,

• zɟde·ł cd̈R eece·ecge·e·ace·zR eeb.13 eR zcz. 2 ɟz·cRee·Ўd̈ae·R Ў d zRɛeaa d̈a Ўe·a ee·de·bae·ca, z·e·e·c Ўace·ce·Ўɟ ɪ ɥ ca e cec e·Rdɨeђe e·fe·ze·c·Re e Ўcɣ·Rcad̈ł.

• ɖʒRəɧ (ѣ11), (ѣ9), (ѣ8), (ѣ7), ɘɕɖʒɧɕɧ,

• ɖʒRəɧ (ѣ1), (ѣ2), (ѣ3), (ѣ4), (ѣ5), (ѣ6), (ѣ10) ƀRɖʒɧɕɧ.

• ɘRgəϒcɖ ɛʒɑɐəgʒRəɔɕɑɗɨəəγə γɔɐɛʒəɖɗRɛRəR ɛəƀ. 29 əR ʒɔʒ. 1, ʒɔʒ. 9 ɐəɗɒɑə ɾɧɕɨ ɘRɖʒɔɘRɗɨəə ϒɧϒɑʒəɟɕ ɛʒəɕɔϒ ɣRʒəϒəɕ ʒɕʒɑɑɗɖɔ. (ϒʒRɥɑəɔɑ ɘRgəϒcɖR ɛəɣRʒəϒəɕ ʒɕʒɑɑɗɖɑ ɟϒɑɗɔɣɔϒRɑɕ ɐRϒɗɑəɔɑ ϒ əRɛəʒəəɕ ɘRɣɔʒɕʒʒRɗɔ, ɐɔRɛRƀəə ʒɑɣɟɗɔʒɟɑɘəγə ɐRϒɗɑəɔɬ 5-100 ƟRʒ.)

• ʒɟɖəɬɕɖR ɕʒɑggəɐəϒəγə ɖʒRəR ɛəƀ. 20 əR ʒɔʒ.1, ʒɔʒ. 7 ɟʒɕRəəϒɗɑəR ϒ ɛəɖəɒɑəɔɑ 1 (ç ɖ ʒɑɾɑè)

3.Ȯɖɗɪɣɔɕɨ ɛɔɕRəɔɑ ʒɕɑəɐR, əRɒRϒ ɖəəɛɖɟ çȮɬ ɟè (ɛəƀ.1. əR ʒɔʒ. 2).

Ƈʒɔ ɪɕəɘ:

• ɣRʒɕəɕəɧɕ ɛʒɑəɾʒRƀəϒRɕɑɗɨ əRgəɐɔɕʒɬ ϒ ʒɑɒɔɘɑ ƇŞŁɬ/ŐĻŁ7- ɛʒRϒRɬ əɔɒəɬɬ ɖəəɛɖR əR ɛRəɑɗɔ ƇBȮ ɛəƀ.5 əR ʒɔʒ.2 (ʒɑɒɔɘ əɾɾəƀəRɣɑə γəʒɬɥɔɘ ʒϒɑɕəɐɔəəɐɧɘ ɔəɐɔɖRɕəʒəɘ).

• γəʒɔɕ ɗRɘɛR çŁȍ7Jè - ɔəɐɔɖRɕəʒ ɛɔɕRəɔɬ ʒɕɑəɐR ɛəƀ.2 əR ʒɔʒ.2 .

• γəʒɔɕ ɔəɐɔɖRɕəʒ ʒɑɖɟəɐəɘɑʒR, əR ɖəɕəʒəɘ əɕəɾʒRɒɑəɧ əɟɗɔ. ɛəƀ. 10 əR ʒɔʒ 2 .

• γəʒɔɕ ʒϒɑɕəɐɔəəɐɧɕ ɟɖRƀRɕɑɗɨ ʒɑɒɔɘR1 ʒɑɖɟəɐəɘɑʒR ɛəƀ. 3 əR ʒɔʒ.2.

• γəʒɔɕ ɔəɐɔɖRɕəʒ ɐRϒɗɑəɔɬ ɛəƀ.12. əR ʒɔʒ. 2.

4. Ƈɑʒɑϒɑʒɕɔ ʒɟɖəɬɕɖɟ ɕʒɑggəɐəϒəγə ɖʒRəR ɛəƀ. 20 əR ʒɔʒ.1, ʒɔʒ. 7 ɛəɖəɒɑəɔɑ 2 (ç əɕ ʒɑɾɬè)

5. ɷRɒRɕɔɑɘ əR ɖəəɛɖɟ çȼȮŸĻɗbè ɛəƀ. 8 əR ʒɔʒ.2 ɛɑʒɑϒɑʒɕɔ ʒɑɖɟəɐəɘɑʒ ϒ ʒɑɒɔɘ ţ 2. Ƈʒɔ ɪɕəɘ əR ɛRəɑɗɔ ɛəƀ. 7 əR ʒɔʒ. 2 ɐəɗɒɑə ƀRɣəʒɑɕɨʒɬ ʒϒɑɕəɐɔəəɐɧɕ ɔəɐɔɖRɕəʒ, ʒəəɕϒɑɕʒɕϒɟɪɥɔɕ ʒɑɒɔɘɟ ţ 2.

6. ɷRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ çŁ7ȎȼȻ7è ʒɑɖɟəɐəɘɑʒR, ɛəɕɑəɢɔəɘɑɕʒəɘ ʒɑɣɟɗɔʒəϒɖɔ ϒʒRɥɑəɔɬ ϒRɗR ɛəƀ.13 əR ʒɔʒ. 2 ɛɗRϒəə ɟʒɕRəəϒɔɕɨ γRʒɕəɕɟ ϒʒRɥɑəɔɬ əɖəɗə 10 ȯɢ. ƁRʒɕəɕR əɕʒRɒRɑɕʒɬ əR ɕRɾɗə ɛRəɑɗɔ γRʒɕəɕəəγə ɛʒɑəɾʒRƀəϒRɕɑɗɬ ɛəƀ. 5 əR ʒɔʒ. 2

7. Ļƀəɑʒɔɕɨ ɐRϒɗɑəɔɑ əR ɔəɐɔɖRɕəʒɑ ɐRϒɗɑəɔɬ, əRəəɘɑɕʒRg ɗb1, ɗb2, ɗb4, ɗb5.

8. ɷRɒRɕɨ ɖəəɛɖɟ ɟ ɗb1 əR ɛRəɑɗɔ çȯɔɐəʒʒRʒɛʒɑɐɑɗɔɕɑɗɨè ɛəƀ 6. əR ʒɔʒ 2, ɛʒɔ ɪɕəɘ ɐəɗɒɑə ƀRɣəʒɑɕɨʒɬ ʒϒɑɕəɐɔəəɐɧɕ ɔəɐɔɖRɕəʒ əR ʒəəɕϒɑɕʒɕϒɟɪɥɑəɘ ɪɗɑɖɕʒəɘəRɣəɔɕɑ γɔɐɛəʒʒRʒɛʒɑɐɑɗɔɕɑɗɬ ɛəƀ 19 əR ʒɔʒ1, ʒɔʒ 5.

9. Ȯəəϒɨ ɔƀəɑʒɔɕɨ ɐRϒɗɑəɔɑ əR ɔəɐɔɖRɕəʒɑ ɐRϒɗɑəɔɬ, əRəəɘɑɕʒRg ɗb1, ɗb2, ɗb4, ɗb5.

10. ⱥɕɖʒɧɕɨ ɤRʒəϒɧɕ ɖʒRə ѣ2 ɛəƀ.13 əR ʒɔʒ. 1 əR 1/3-1/2 gəɐR ɐɗɬ ɛəɐɑʒɒRəɔɬ ɐRϒɗɑəɔɬ əR ϒɧgəɐɑ əRɣɔʒɕɔʒRɗɔ ȮγɔɐəəʒʒRʒɛʒɑɐɑɗɔɕɑɗɬ.

11. Ƈʒəɔƀϒɑʒɕɔ ƀRəɑʒɧ ϒʒɑəɑəɔ ɛʒəgəɒɐɑəɔɬ ƀRɐRəəəγə əɾɧɑəR ʒRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəʒɕɔ ɣɑʒɑɓ ɕʒɟɾəɛʒəϒəɐ. Ȯʒɑəɬ ɔƀəɑʒɬɕɨ ʒ ɛəəəɥɨɪ ɪɗɑɖɕʒəəəəγə ʒɑɖɟəɐəɘɑʒR, R əɾɧɑə ɛʒəgəɔəəɕ ɒɔɐɖəʒɕɔ ɔƀəɑʒɬɕɨ ʒ ɛəəəɥɨɪ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒɕɔ. Ł ɑɖɟəɐəɘɑʒ ϒ ʒɑɒɔɘɑ ţ 2 RϒɕəəRɕɔɣɑʒɖɔ əRɣəɑɕ əɕɣɑɕ ʒ əRɣRɗR ƀRɛəɗəɑəɔɬ əɑʒəəɕ ɒɔɐɖəʒɕɔ (əɕəɑɕɖR 0 əR əɑʒəəɕ ɤɖRɗɑ) ɔ ƀRϒɑʒɤɔɕəɕʒɣɑɕ ɛʒɔ ƀRɛəɗəɑəɔɔ ϒʒɑγə əɾɧɑəR. Ƈʒɔ ɪɕəɘ RϒɕəəRɕɔɣɑʒɖɔ əʒɕɖRəəϒɔɕʒɬ ɛʒɔϒəɐəəɕ ɐϒɔγRɕɑɗɨ.

12. ȳRɖʒɧɕɨ ɖʒRə ѣ2, ɘɕɖʒɧɕɨ ϒɑəɕɔɗɨ ʒɗɔϒəəɕ əRɣɔʒɕɔ3Rɗɔ ѣ6 ɛəƀ.10 əR ʒɔʒ. 1.,

ɘɕɖʒɧɕɨ ɖʒRə ϒəƀɑɟɤəəɕ əRɣɔʒɕɔ3Rɗɔ ѣ8 ɛəƀ.7 əR ʒɔʒ. 1 ɐɗɬ ɟʒɖəʒɑəəəγə ʒɗɔϒR ʒRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəʒɕɔ ɔƀ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒɕɔ. Ƈəɗəəʒɕɨɪ ʒɗɔɕɨ əRʒɖə ɔƀ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒɕɔ.

ȳRɖʒɧɕɨ ϒɑəɕɔɗɨ ʒɗɔϒəəɕ əRɣɔʒɕɔ3Rɗɔ ѣ6 ɛəƀ.10 əR ʒɔʒ. 1., ƀRɕɖʒɧɕɨ ɖʒRə ϒəƀɑɟɤəəɕ əRɣɔʒɕɔ3Rɗɔ ѣ8 ɛəƀ.7 əR ʒɔʒ. 1

13. ⱥɕɖɗɪɣɔɕɨ ɖəəɛɖɟ ɟ ɗb1 əR ɛRəɑɗɔ çȯɔɐəʒʒRʒɛʒɑɐɑɗɔɕɑɗɨè, ϒɖɗɪɣɔɕɨ ɖəəɛɖɟ ɟ ɗb2.

14. Ȯəəϒɨ ɔƀəɑʒɔɕɨ ɐRϒɗɑəɔɑ əR ɔəɐɔɖRɕəʒɑ ɐRϒɗɑəɔɬ, əRəəɘɑɕʒRg ɗb1, ɗb2, ɗb4, ɗb5

15. Ä¢ɖʒɦ¢ɨ ɤRʒəϒɦɕ ɖʒRə ɬ3 ɛəƀ.14 əR ɜɔɜ. 1 əR 1/3-1/2 gəɐR ɐdɬ ɛəɐɐɑʒɒRəɔɬ ɐRϒɗɑəɔɬ əR ϒɦgəɐɑ əRɣɔʒ¢ʒRɗɔ Õ ɣɔɐʒəʒRʒɛʒɑɐɑɗɔ¢ɑɗɬ.

16. Ćʒəɔƀϒɑʒ¢ɔ ƀRəɑʒɦ ϒʒɑəɑəɔ ɛʒəgəɒɐɑəɔɬ ƀRɐRəəəɣə əɾɦɑəR ʒRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəʒ¢ɔ ɣɑʒɑƀ ¢ʒɻɾəɛʒəϒəɐ. Ȯʒɑəɬ ɔƀəɑʒɬ¢ɨ ʒ ɛəəəɥɨɪ ɪɗɑɖ¢ʒəəəəɣə ʒɑɖɻəɐəəɑʒR, Ʀ əɾɦɑə ɛʒəgəɐɔəəɕ ɒɔɐɖəʒ¢ɔ ɔƀəɑʒɬ¢ɨ ʒ ɛəəəɥɨɪ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒ¢ɔ. Ł ɑɖɻəɐəəɑʒ ϒ ʒɑɒɔəɑ ʈ 2 ƦϒɕəəRɕɔɣɑʒɖɔ əRɣəɑɕ əɕɣɑɕ ʒ əRɣRɗR ƀRɛəɗəɑəɔɬ əɑʒəəɕ ɒɔɐɖəʒ¢ɔ (əɕəɑɕɖR 0 əR əɑʒəəɕ ɤɖRɗɑ) ɔ ƀRϒɑʒɤɔɕ əɕʒɣɑɕ ɛʒɔ ƀRɛəɗəɑəɔɔ ϒʒɑɣə əɾɦɑəR. Ćʒɔ ɪɕəəRϒɕəəRɕɔɣɑʒɖɔ əʒ¢Rəəϒɔɕʒɬ ɛʒɔϒəɐəəɕ ɐϒɔɣRɕɑɗɨ.

17. ȳRɖʒɦ¢ɨ ɖʒRə ɬ3, əɕɖʒɦ¢ɨ ϒɑəɕɔɗɨ ʒɗɔϒəəɕ əRɣɔʒ¢ʒRɗɔ ɬ6 ɛəƀ.10 əR ɜɔɜ. 1.,

əɕɖʒɦ¢ɨ ɖʒRə ϒəƀɐɻɤəəɕ əRɣɔʒ¢ʒRɗɔ ɬ8 ɛəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1 ɐdɬ ɻʒɖəʒɑəəəɣə ʒɗɔϒR ʒRɾəɣɑɕ ɒɔɐɖəʒ¢ɔ ɔƀ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒ¢ɔ. Ćəɗəəʒ¢ɨɪ ʒɗɔ¢ɨ əRʒɗə ɔƀ əɑʒəəɕ ɑəɖəʒ¢ɔ.

ȳRɖʒɦ¢ɨ ϒɑəɕɔɗɨ ʒɗɔϒəəɕ əRɣɔʒ¢ʒRɗɔ ɬ6 ɛəƀ.10 əR ɜɔɜ. 1., ƀR¢ɖʒɦ¢ɨ ɖʒRə ϒəƀɐɻɤəəɕ əRɣɔʒ¢ʒRɗɔ ɬ8 ɛəƀ.7 əR ɜɔɜ. 1

18. Ćəϒ¢əɜɔ¢ɨ ɐɑɕʒ¢ϒɔɬ ɛɛ. 5-17 ɐə 5 ʒRƀ, ɔƀəɑəɬɬ ɐRϒɗɑəɔɑ ϒʒɔʒ¢ɑəɑ, Ȯʒ R ɥRɬ əRgəϒɔɖ ɛʒɑɐəgʒRəɔ¢ɑɗɨəəɣə ɖɗRɛRəR ɛə ɣRʒəϒəɕ ʒ¢ʒɑɗɖɑ ɛəƀ. 29 əR ɜɔɜ. 1, ɜɔɜ.9 ɐə 25 õRʒ.

19. ɛəɖɻɣɑəəɦɑ ɐRəəɦɑ ƀRəɑʒ¢ɔ ϒ ¢Rɾɗɔɢɻ

Лабораторная работа №8 «Построение напорной и пьезометрической линий трубопровода»

Цель работы: освоить методику экспериментального определения потерь напора по длине трубопровода, научиться строить напорную и пьезометрическую линии, определять коэффициент гидравлического трения.

Общие сведения

Движение жидкости вызывается силами давления и силами тяжести, а также трением частиц жидкости друг о друга.

Вязкость - свойство, обусловленное силами сцепления между частицами жидкости. Различают динамическую (η) и кинематическую (ν) вязкости, связанные между собой соотношением:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \left(м^2/с\right) \tag{1}$$

Опытным путем установлено, что потери напора, вызванные трением, пропорциональны средней скорости в первой степени. Для труб круглого сечения при ламинарном режиме движения:

$$\nu = \frac{0{,}0178}{1 + 0{,}0337 \cdot t^0C + 0{,}000221(t^0C)^2} \cdot 10^{-4}, м^2/с \tag{2}$$

Опыты показали, что при установившемся движении несжимаемой жидкости расход по длине трубопровода остается постоянным:

$$Q = \upsilon_1\omega_1 = \upsilon_2\omega_2 = const \tag{3}$$

т.е., если площади живых сечений трубопровода различны, то средние скорости движения жидкости обратно пропорциональны площадям этих сечений.

Уравнение (3) выражает закон неразрывности струи несжимаемой жидкости.

Применительно к трубопроводу уравнение Бернулли для потока вязкой жидкости:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\upsilon_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\upsilon_2^2}{2g} = const \tag{4}$$

Геометрический смысл уравнения (4) заключается в том, что все члены уравнения имеют *линейную размерность*, т.е. представляют высоты различных точек потока относительно произвольной плоскости сравнения 0-0.

Энергетический смысл уравнения заключается в том, что все члены уравнения представляют удельные энергии потока относительно плоскости сравнения 0-0: $\left(z + \frac{P}{\gamma}\right)$ - удельную потенциальную энергию положения и давления, $\left(\frac{\upsilon^2}{2g}\right)$ - удельную кинетическую энергию, называемую *скоростным напором*. В уравнении Бернулли (4) выражает закон сохранения энергии потока вязкой жидкости. Для реального потока вязкой жидкости уравнение Бернулли:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{\upsilon_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{\upsilon_2^2}{2g} + h_F. \tag{5}$$

Ļþ ѕзRЎəɑəсł ɟзRЎəɑəсɛ (4) с (5) ɘ֊ɒɘ֊ Ўђɐɑƽсɵі ѕɑɑɾɟɪцсɑ ɘɵɑƽусɵɑɑіɘђɑ ɛѕсƅəRɑƽс:

1. Ò ɘɑѕɵɘ ѕɑɑ֊ɘ֊ѕɵс ɘɵɐɑɑіɘɘɛ ɣRѕɵсGђ сɐɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс ŸŸəɒсɵѕł ѕ֊ɑɐɘəłł ѕɑɑ֊ɘ֊ѕɵі ɛɑɵɘɑR (υ).

2. ÒŸɑɐɑɘ ɑɘɪɑ ɡ ɡсɡсɑɘɵ ɑсɘɑɵсɣɑѕɑɑ֊ɛ ɪɘɑзɣсс ɛɑɵɘɑR (α), ɟɣсɵђŸRɪцсɛ ɘɑзRЎəɘ֊ɘɑзəɘѕɵі зRѕ֊ɛзɑɐɑɑɑɔł ѕɑɑ֊ɘ֊ѕɵɑɛ ɣRѕɵсG ɒсɐɑ֊ѕɵс ɛɑ ѕ֊ɑɣɑɘсɪ ɵзɟɾђ с ƅRŸсѕ֊ɬцɑɛ ɘɵ ɜɑɒсɘR ɐŸсɒɑɘɔł. Ðɑł ɑRɘсɘRзəɑɣɘ ɐŸсɒɑɘɔł $\alpha = 2$, R ɐɑł ɵɟзɾɟɑɑɵəɑɣɘ $\alpha = 1$.

3. Ò ɛзRЎɘɛ ɣRѕɵс ɟзRЎəɑəсł (5) ɛɑ֊Ÿсɑɑѕɘіѕ ɐɑ֊ɛɑɑɑɔɵɑɑіɘɘɑ ѕɑRɣRɑɘɘɑ (h_f), ɘRƅђŸRɑɘɘɑ *потерянным напором*, сѕɵзRɣɑɘəђɘ ɘR ɛзɑɘɐɑɑɑɔɑ ɣсзRЎɑсɣɑѕɑɔɡ ѕɘɛзɘɵсŸɑɑɔɛ.

ЇRɑɔɘ ɘ֊ɾзRƅɘ֊ɘ, ɑѕ֊ɑɔ ɐɑł ɛɘɵɘɑR сɐɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс ɘRɛɘ֊з сѕɵɑɣɑɘсł (H_0) Ÿ ɑɪɾ֊ɘ֊ ѕɑɣɑɘсс ɵзɟɾɘɛзɘŸɐɘR ɘɛзɑɐɑɑłɑɵѕł ѕ֊ɟɘɘɘɛ ɵзɑg ѕɑRɣRɑɘђg, ɵɘ ɐɑł ɛɘɵɘɑR ɜɑRɑіɘɘɛ - ѕ֊ɟɘɘɘɛ ɣɑɵђɜɑg ѕɑRɣRɑɘђg.

ɟɵɘ ɘ֊ɾћł֊ɘłɑɵѕł ɵɑɘ. ɣɵɘ ɛзɔ ɛɑзɑgɘ֊ɐɑ ɒсɐɑ֊ѕɵс Ŷɐɑɑі ɵзɟɾђ ɘɵ ɘɐɘɘɣɘ ѕ֊ɑɣɑɘсł ɑ ɐɑзɟɣɘ֊ɘɟ ɵзRɵсɵѕł ɣRѕɵі ɟɐɑɑіɘɘɛ ɪɘɑзɣсс ɘR ɛзɑɘɐɘɑɑɑɔɑ ŸсɐɔRЎɑсɣɑѕɑɔɡ ѕɘ֊ɛзɘɵсŸɑɑɔɛ, ɘRgɘ֊ɬцɔgѕł ɘɑɒɐ ɟɑɒɐ ɪɵсɘɛɔ ѕ֊ɑɣɑɘсɬɘɔ, ɵ.ɑ. ɟɐɑɑіɘRł ɪɘɑзɣсł ɜɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс ɛɑ ɘRɛзRŸɑɑɔɪ ɑɑ ɐŸсɒɑɘɔł Ŷ֊ɑɣɐR ɟɘɑɘіɤRɑɵѕł ɘR Ŷɑɑɔɣɛɔɐɟ ɛɘɵɑзɔ ɘRɛɘ֊зR (h_f).

ɟɑ֊ɛɑзɔɘɑɘɵRɑіɘђɑ ɔѕ֊ɑɑɐɘ֊ŸRɘɔł ɟɣɑɘђg ɛɘɑɳRƅRɑɔ, ɣɵɘ ɘR Ŷɑɑɔɣɛɔɐɟ ɛɘɵɑзі ɘRɛɘ֊зR ѕɟцɑѕɵŸɑɘɘɘɘɑ Ŷɑɔɬɘɔɑ ɘɑɳRƅђŸRɪɵ ɜɑɒсɘђ ɐŸсɒɑɘɔł ɒсɐɑ֊ѕɵс: *ламинарный и турбулентный*. Ò gɘ֊ɐɑ ɔѕ֊ɑɑɐɘ֊ŸRɘɔɛ Ŷђɬ֊ɘɔɑ֊ѕі, ɣɵɘ ɘɑgRɘɔƅɘ ɛɘɵɑзі ɘRɛɘ֊зR (ɟɐɑɑіɘɘɛ ɪɘɑзɣсс) ɘR ɛзɑɘɐɘɑɑɑɔɑ ɣсзRЎɑсɣɑѕɑɔɡ ѕ֊ɘɛзɘɵсŸɑɑɔɛ ɛзɔ ɑRɘсɘRзəђg с ɵɟзɾɟɑɑɵəђg ɜɑɒсɘRg ѕ֊ɟцɑѕɵŸɑɘɘɘ ɜRƅɑсɣɑɘ.

ZсƅсɣɑѕɑɳRł gRзRɳɵɑзɔѕ֊ɵсɳR ɟ֊ɑ֊ɐŸсɛ, ɘɛзɑɐɑɑłɪцɔg ɜɑɒсɘ ɘŸсɒɑɘɔł, ɾђɑR ɘRɵɐɑɑR Rɘɣɑсɛѕɑсɔɘ ɡ ɑсƅсɳɑ֊ɘ ¢ɑɵɘɘɑɑіɐѕ֊ɘ֊ɘ. Ⱥɘ ɐRɑ ɡ֊ɘ֊ɛɘɟɾɟ с ɳɜɔɵɑзɔсс, ѕ֊ɛɘ֊ɘ֊ɥіɪ ɳɑɵɑ֊ɘзђg ɘɘ֊ɒɘɑ ɘRŸɑзɘłɳR ɛзɑɐѕɳRƅRɵі ɜɑɒɔɘ ɘŸсɒɑɘɔł:

$$\mathrm{Re} = \frac{\upsilon \cdot d}{\nu} \qquad (6)$$

ƀѕ֊ɑɔ $\mathrm{Re} < \mathrm{Re}_{êð} = 2320$ - ɜɑɒɔɘ ɑRɘɔɑRɜɘђɛ,

ƀѕ֊ɑɔ $\mathrm{Re} > \mathrm{Re}_{êð} = 2320$ - ɜɑɒɔɘ ɵɟзɾɟɑɑɵɘђɛ.

Ðɑł ɔɐɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс H = const. Ł֊ɑɐɘŸRɵɑɑіɘɑ, ɘRɛɘ֊зɘRł ɑɔɘɔł H-H ɾɟɐɑɵ ɛR֊зRɳɑɑɑɑіɘR ɛɑ֊ɳɑ֊ɳɑ֊ѕɵс ѕ֊ɜRŸɘɑɘɔł 0-0. Ćзɔ ɐŸсɒɑɘɘɛ ɒɑ ɜɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс ɣɔɐɘɜɘɛɔɘRɘɔɣɑѕɑɔɛ ɘRɛɘ֊з Ŷɐɑɑі ɛɘɵɘɑR ɟɘɑɘіɤRɑɵѕł, ɵRɳ ɑRɳ ɣRѕɵі ɘRɛɘ֊зR ⅆh ƅRɵ֊зRɣсŸRɑɵѕł ɘR ɛзɑɘɐɘɑɑɑɔɑ ѕ֊ɘɛзɘɵсŸɑɑɔɛ ɛзɔ ɑRɘɔɑRɜɘђɛ. ЇRɑɔɘ ɘ֊ɾзRƅɘ֊ɘ, ɳɜɔŸRł H-H1 ɬŸɑɬɑɵѕł ɘɔѕ֊ɡɘ֊ɬцɑɛ ɑɔɘɔɑɛ. Ł֊ɜɔŸRł P-P1, ѕ֊ɘɑɐɔɘ֊ɪцRł Ŷɑ֊ɤɔɘђ ѕ֊ɟɘɘ ɐŸ֊ɟg Ŷɑ֊ɵɔɳRɑіɘђg ɘɵ֊ɑƅɳɘ֊Ŷ z+p/Â ɑѕ֊ɵі ɛɪɑƅɘ֊ɘɑɵ֊ɜɣɑѕɑɳRł ɑɔɘɔł.

ŁɘŸɐR ɜɑɤɑɘɔɑɘ ɟзRЎəɑəсł ƀɑ֊ɛɘɟɑɑɔɑ ɟ֊ɵRəɘɑɑŸɑɑђ ɘRɛɘ֊зђ Ŷ ɘRɣRɑіɘɘɘ с ɳɘ֊ɘɑɣɘɘ֊ɘ ѕ֊ɑɣɑɘсłg, зRѕ֊ɡɘ֊ɐ с ɛɘɵɑзɔ ɘRɛɘ֊зR, ɘɘ֊ɒɘɘ ɛзɔѕ֊ɵɟɛRɵі ɳ ɛɘѕ֊ɵɜɘɑɘɔɔ ɘRɛɘ֊зɘɘɛ ɑɔɘɔɔ (ɜɔѕ֊ɟɘɘɳ).

Ćɘ֊ɵɜɘɑɘɔɔɑ ɘRɛɘ֊зɘɘɛ ɑɔɘɔɔ ɘRɣɔɘRɑɵѕł ѕ֊ ɔѕ֊ɡɘ֊ɐɘɘɘɣɘ ѕ֊ɑɣɑɘсł 1ð1. Ⱥɛзɑɐɑɑłɑɐ ɐɑł ɘɑɣɘ ɣɔɐɜɘɜɘɔɔɘRɘɔɣɑѕɑɳRɛ (ɛɘɑɳђɛ) ɘRɛɘ֊з ѕ֊ ɟɣɑɵɵɘ ɵɘɣɘ, ɣɵɘ v1=0, R, ѕɑɑɐɘŸRɵɑɑіɘɘ, ѕɳɳɘ֊ɘ֊ɵɘɘɛ ɘRɛɘ֊з . ƀ֊ɜɔ ɾђ ɘR ɛɟɵɔ ɘɵ ѕ֊ɑɣɑɘсł 1ð1 ɐɘ ѕ֊ɑɣɑɘсł 5ð 5 ɘɑ ɾђɑɳɘ ɾђ ѕ֊ɘɛзɘɵɔŸɑɑɔɛ, ɵɘ ɛɘɵɑзɔ ɘRɛɘ֊зR ɘɑ ɛзɘɔ֊ɡɘ֊ɐɔɑɳɘ ɾђ, с ɘRɛɘ֊зɘRł ɑɔɘɔł ɘɳRƅRɑRѕ֊і ɾђ ɛRɜRɑɳɑɑіɘɘɛ ɛɑ֊ɳɑ֊ɳɑ֊ɵɔ ѕ֊ɜRŸɘɑɘɔł 0-0, ɔѕ֊ɡɘ֊ɐł ɔƅ ѕ֊ɑɣɑɘсł 1ð1. ȯɔɛɜRŸɑɔɣɑѕɑɳɔɑ ѕ֊ɘɛзɘɵɔŸɑɑɔł, Ŷɘƅɔɔɳ Rɪцɔɑ Ÿ ɜɑRɑіɘɘɛ ɒсɐɑ֊ѕɵс, ɾɟɑɛ ɛɔɘŸɘɵɘɵі ɳ ɟɘɑɘіɤɑɑɔɑ ɔѕ֊ɡɘ֊ɐɘɘɘɣɘ ɘRɛɘ֊зR ɘR Ŷɑɑɔɣɛɔɐɟ ɛɘɵɑзі ɘR ɵɜɑɘɔɑ ɛɘ ɐɘɔɑ ɔ ɘɑ֊ɵɘђg ɛɘɵɑзі. Ćзɔ ɛɘ֊ɵɜɘɑɘɔɔ ɘRɛɘ֊зɘɘɛ ɑɔɘɔɔ ɪɵɔ ɛɘɵɑзɔ ɘɵɳɑRɐђŸRɪɵ֊ł Ŷɘɔƅ ɘɵ ɔѕ֊ɡɘ֊ɐɘɘɘɣɘ ƀɘRɣɑɘсł ɘRɛɘ֊зR. Ćɘɵɑзɔ ɘR Ŷɡɘ֊ɐɑ ɘR ɟɣR֊ɵɳɑ 1ð2

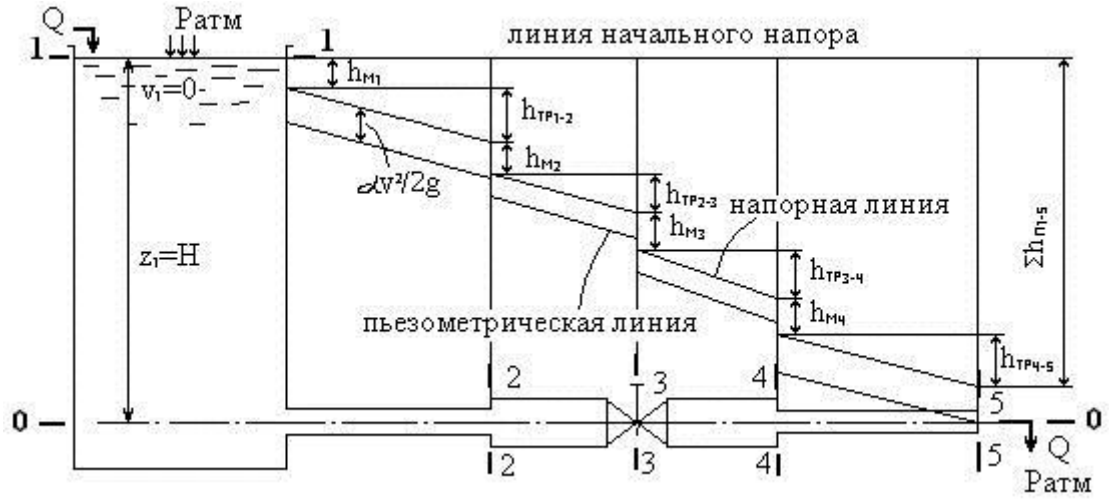
εəəcbłɕ əRεə-zəłı dcəcı əR ∀adcγcəł hə1, εəɕaзc əR ɕзaəəca əR ɟγRзɕdа 1ð2 ð əR ∀adcγcəł hɕз1, c ɕ. ə. Ò cɕəγa əђ εədłγcə dcəcı, εədRbђ∀Rı чłı cbəaəəəca əRεə-зR εзc ə∀cɒaəcc ɒcədəзɕc cbзaγəəcł 1ð1 ∀зaγəəca 5ð5 (əRεə-zəłı dcəcı).

Ćiabə-əɑɕзcγaзdłı dcəcı зɕзə-łɕзdaełı цcə ə-ғзRbə-ə:

ð əεзaɐadłıɕ зdə-зəзɕəəɕ əRεə-з əR dRɒɐə-ə ɟγRзɕdа εəзɕə-łəəəγə ɐcRəɑɕзR;

ð əɕdd RəђYRıɕ ∀əcb əɕ əRεə-zəəɕ dcəcc зəəɕ∀ɑɕзɕ∀ɟıцca bəRγaəcł ∀adcγcə зdə-зəзɕəəγə əRεə-зR.

ĆədɟγRaə dcəcı, əRbђ∀Raəɟı εiabə-əɑɕзcγaзdəɕ dcəcaɕ.



¢cзɟəəd ð Ćəзɕзəaəca əRεə-zəəɕ c εiabə-əɑɕзcγaзdəɕ dcəcɕ

Порядок выполнения работы

1. Ò əc əRɕadłəə cbɟγcɕi ɟзɕзə-ɕзɕ∀ə c зRғəɕɟ зɕaəəeR, R ɕRdɒa ɕaə-зaɕcγaзdɟı c εзRdɕcγaзdɟı γRзɕc εə-зłedR εзə∀aeaəcł dRғə-зRɕə-zəə-ɕ зRғəɕђ t 8 зə-γdRзəə əRзɕə-łцcə çbɑɕə-ecγaзdcə ɟdRbRəcłəè.

2. Şғaecɕiзł, γɕə ɟзɕRəə∀dR γə-ɕə∀R d зRғə-ɕa:

• ғRd ɐdł зRғə-γaɕ ɒcədəзɕc (εəb. 21 əR зcз. 1) bRεə-dəaə γcəзR∀dcγaзdcə əRзdə-ə min əR 1/3 ə-ғhaəR (20 d),

ВНИМАНИЕ! Масло заливается через горловину сливного фильтра рис.8. Необходимо снять пластиковую крышку горловины вращая ее против часовой стрелки. После заливки масла пластиковую крышку необходимо плотно завернуть на горловину.

- зɑɕa∀ə-ɕ ɤəɟз зə-aecəaə з зRbhaəə-ə çŁõ7Jè c εə-ɐdd ıγaə d zəbaɕdа ıdadɕzə-ɛcɕRəcł,
- зɟdə-łɕdR εə-ɕaəəgcə-əɑɕзR εə-b.13 əR зcз. 2 ɟзɕRəə∀daəR ∀ dзRɕəaə daə∀ə-ə εədə-ɒaəcc, зəəɕ∀ɑɕзɕ∀ɟıцaə əcəcəRdiəђə ə-ғə-zə-ɕRə ɐ∀c γRɕadł.
- dзRəђ **(K11), (K9), (K8), (K7), открыты**,
- dзRəђ **(K1), (K2), (K3), (K4), (K5), (K6), (K10) закрыты**.
- əRgə∀cd εзaɐə-gзRəcɕadiəəγə γcɐzə-ddRɛRəR εə-b. 29 əR зcз. 1, зcз. 9 ɐə-dɒaə ғђɕi əRdзcəRdiəə ∀ђ∀azəɟɕ εзə-ɕc∀ γRзə∀ə-ɕ зɕзadd c. (∀зRцaəca əRgə∀cdR εə γRзə∀ə-ɕ зɕзadda ɟ∀adcγc∀Raɕ ɐR∀daəca ∀ əRεə-zəə-ɕ əR γcзɕзRdc, ɐcRɛRbə-ə zaγɟdcзɟaəə-γə ɐR∀daəcł 5-100 õRз.)
- зɟdə-łɕdR ɕзaggə-ɐə∀ə-γə dзRəR εə-b. 20 əR зcз.1, зcз. 7 ɟзɕRəə∀daəR ∀ εədə-ɒaəca 1 (ç dзəaғaè)

3. Òddıγcɕi ɛcɕRəca зɕaəəeR, əRɒR∀ dəə-ɛdɟ çÒłɹè (εə-b.1. əR зcз. 2).

Ćɜɔ ıɑə-ɘ:

- ɣRɜɑə-ɑəɦɛ ɛɜɑə-ғɜRɒə-ɣRɑɑdi əRgə-ɐɔɑɜ-ł ɣ ɜɑɒɔɘɑ ĆşŁ₺/Ǒ⅃ŁƗ- ɛɜRɣRł əɔɒəłł qəə-ɛqR əR ɛRəɑdɔ ĆBȮ ɛə-ƀ.5 əR ɜɔɜ.2 (ɜɑɒɔɘ ə-ғə-ƀəRɣɑə ɣə-ɜłцɔɘ ɜ-ɣɑɑə-ɐɔə-ɐəɦɘ ɔəɐɔqRɑə-ɜə-ɘ).
- ɣə-ɜɔɑ dRɘɛR çŁǑƗJè - ɔəɐɔqRɑə-ɜ ɛɔɑRəɔł ɜ-ɑɑəɐR ɛə-ƀ.2 əR ɜɔɜ.2 .
- ɣə-ɜɔɑ ɔəɐɔqRɑə-ɜ ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜR, əR qə-ɑə-ɜə-ɘ ə-ɑə-ғɜRɒɑəɦ əɟdɔ. ɛə-ƀ. 10 əR ɜɔɜ 2 .
- ɣə-ɜɔɑ ɜ-ɣɑɑə-ɐɔə-ɐəɦɛ ɟqRƀRɑɑdi ɜɑɒɔɘR1 ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜR ɛə-ƀ. 3 əR ɜɔɜ.2.
- ɣə-ɜɔɑ ɔəɐɔqRɑə-ɜ ɐRɣdɑəɔł ɛə-ƀ.12. əR ɜɔɜ. 2.

4. Ǒɜə-ɜ-ɜɑdi ɛə-ƀ. 18 əR ɜɔɜ.1, ɜɔɜ. 6 ə-ɑqɜɦɑ ɛə-dəə-ɜ-ɑi ı ɘ ɐɜə-ɜ-ɜɑdł ɣɦɣɑɜəɟɑ ɛɜə-ɑɔɣ ɣRɜə-ɣə-ɛ ɜ-ɑɜɑdqɔ ɐə ɣɑɜgəɑɣə ɛə-də-ɒɑəɔł).

ɕɔɜ-ɟəə-q 1

5. ɑRɒRɑɔɑɘ əR qəə-ɛqɟ çɕǒɎ⅃ɑbè ɛə-ƀ. 8 əR ɜɔɜ.2 ɛɑɜɑɣɑɜ-ɑɔ ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜ ɣ ɜɑɒɔɘ ţ 2. Ćɜɔ ıɑə-ɘ əR ɛRəɑdɔ ɛə-ƀ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɐə-dɒɑə ƀRɣə-ɜɑɑiɜ-ł ɜ-ɣɑɑə-ɐɔə-ɐəɦɛ ɔəɐɔqRɑə-ɜ, ɜ-ə-ə-ɑɣɑɑɜ-ɑɣɟ ı ɥɔɛ ɜɑɒɔɘɟ ţ 2.

6. ɑRɒRɑi qəə-ɛqɟ çŁƗǑɕƗè ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜR, ɛə-ɑɑəɑɔə-ɘɑɑɜə-ɘ ɜɑɣɟdɔɜə-ɣqɔ ɣɜRɥɑəɔł ɣRdR ɛə-ƀ.13 əR ɜɔɜ. 2 ɛdRɣəə ɟɜ-ɑRəə-ɣɔɑi ɣRɜ-ɑə-ɑɟ ɣɜRɥɑəɔł ə-qə-də 10 ȯG . ƁRɜ-ɑə-ɑR ə-ɑɜRɒRɑɑɜ-ł əR ɑRғdə ɛRəɑdɔ ɣRɜ-ɑə-ɑəə-ɣə ɛɜɑə-ғɜRɒə-ɣRɑɑdł ɛə-ƀ. 5 əR ɜɔɜ. 2

7. Ⱥɑqɜɦɑi ɤRɜə-ɣɦɛ qɜRə ₺1 ɛə-ƀ.12 əR ɜɔɜ. ɛə-dəə-ɜ-ɑi ı ƀRɛə-dəɔɑi ɘɑɜəɟı ɑɘqə-ɜ-ɑi ɜRғə-ɣɑɛ ɒɔɐqə-ɜ-ɑi ı ɐə RɣɑəɘRɑɔɣɑɜ-qə-ɛ ə-ɜ-ɑRəə-ɣdɔ ɛɜɔɣə-ɐəə-ɣə ɐɣɔɣRɑɑdł.

8. ȳRqɜɦɑi qɜRə ₺1

9. ɑRɒRɑɔɑɘ əR qəə-ɛqɟ çɕǒɎ⅃ɑbè ɛə-ƀ. 8 əR ɜɔɜ.2 ɛɑɜɑɣɑɜ-ɑɔ ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜ ɣ ɜɑɒɔɘ ţ 3. Ćɜɔ ıɑə-ɘ əR ɛRəɑdɔ ɛə-ƀ. 7 əR ɜɔɜ. 2 ɐə-dɒɑə ƀRɣə-ɜɑɑiɜ-ł ɜ-ɣɑɑə-ɐɔə-ɐəɦɛ ɔəɐɔqRɑə-ɜ, ɜ-ə-ə-ɑɣɑɑɜ-ɑɣɟ ı ɥɔɛ ɜɑɒɔɘɟ ţ 3.

10. Ⱥɑqɜɦɑi ɣɑəɑɔdi ₺4 ɛiɑbə-ɘɑɑɜɔɣɑɜ-qə-ɛ ɘRɣɔɜ-ɑɜRdɔ ɛə-ƀ.11əR ɜɔɜ. 1., ɐdł ɣɦɜRɣəɔɣRəɔł ɐRɣdɑəɔł ɣ ɜ-ɔɜ-ɑɑɘɑ qɜRɑqə-ɣɜɑɘɑəəə ə-ɑqɜɦɑi qɜRə ɣə-ƀɐɟɤəə-ɛ ɘRɣɔɜ-ɑɜRdɔ ₺7 ɛə-ƀ.8 əR ɜɔɜ. 1. , ɐə-ғɔɣɤɔɜ-i ɛə-ɐɦɑɘR ɜRғə-ɣɑɛ ɒɔɐqə-ɜ-ɑɔ ɐə 2/3 ɣɦɜ-ə-ɑɦ ɛiɑbə-ɘɑɑɜə-ɣ.

11. Ⱥɑqɜɦɑi qɜRə ₺5 ɛə-ƀ. 33 əR ɜɔɜ 1. Ȯɔbɟ-Rdiəə əRғdıɐRɑi ɔbɘɑəɑəɔɑ ɛə-də-ɒɑəɔł ɟɜə-ɣəł ɛiɑbə-ɘɑɑɜə-ɣ, ƀRɘɑɜɔɑi ɜRbəɔɢɟ ɟɜə-ɣəł ɣ ɛiɑbə-ɘɑɑɜɔɣɑɜ-qɔg ɑɜɟғqRg.

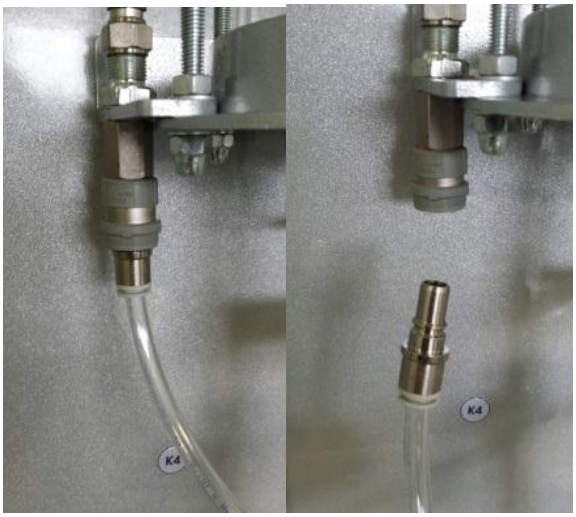
12. ȳRɘɑɜɔɑi ɛə ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜɟ (ɣqdıɣRɑɑɜ-ł RɣɑəɘRɑɔɣɑɜ-qɔ ɛɜɔ ɜ-dɔɣɑ əR-ɜ-dR ɔb ɘɑɜəə-ɛ ɑɘqə-ɜ-ɑɔ) ɣɜɑɘł ɜ-dɔɣR ə-ɛɜɑɐɑdɑəəə-ɣə ə-ғɦɑɘR ɒɔɐqə-ɜ-ɑɔ (ɐə ə-ɑɘɘɑɑqɔ 1,5 dɔɑɜR ɛə ɘɑɜəə-ɛ ɣqRdɑ), ɛə ɐə-ɜ-ɑɔɒɑəɔɔ ɟqRƀRəəə-ɣə ə-ғɦɑɘR əRɒRɑi əR qəə-ɛqɟ çŁƗⱭĆè ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜR. ȳRqɜɦɑi ɣɑəɑɔdi ₺4 ɛə-ƀ 11 əR ɜɔɜ.1. ɑRɒRɣ əR qəə-ɛqɟ ŁƗⱭĆ ɜ-ɑdɟəɐə-ɘɑɜR ɛəɣɑə-ɜəə, ə-ғəɟdɔɑi ɛə-qRƀRəɔł əR ɑRғdə.

13. ФRпRвсаэ эR дээ-ецђ çЄŌŸ|дbè еэb. 8 эR зсэ-.2 еазаЎаэ-вс э-адђэеэ-эаз Ў заапсэ ţ 1. Ѓзс ічэ-э эR ЕRэадс еэb. 7 эR зсэ-. 2 ъэдпаэ ЬRўэ-завіэ-ł э-Ўавэ-есэ-еэђє сэесдRвэ-з, э-э-вЎавэ-вЎђ і ц с ε заапсэђ ţ 1.

14. ЃэаЎэ-э-эRэ-э-э- езсэ-э-аесэесвіі дўэабађ есвRэсł эR ЕRэадс ђезRЎдаэсł еэb. 4 эR зсэ- 2.,

Ѓсэ-ђээд 2

15. Ъ дRэў эRэ-э-R езсэ-эаесэесвіі дЎЄЬ ъдł еэ-ъдд ı ўаэсł еэаЎэ-э-Rэ-э-R еэb. 9 эR зсэ- 1



Ѓсэ-ђээд 3

16. Ѓдд ı ўсвіі еэаЎэ-э-Rэ-э-, ђзэЎаэі вRЎдаэсł эR эRээ-эавза эRэ-э-R вэЎаэ-вс вэ- 2 Rвэ. Ѓђдд ı ўсвіі эRэ-э-, эвэ-эаесэевіі ЎЄЬ.

17. Ќвдзђвіі дзRэ ѣ4, э-вээЎзаэаээ- эR пRЎ дээ-ецђ çЬЮЎЄЮè э-адђэеэ-эаз R.

18. Ќєзаеадсвіі зRЬэсgђ еэдRЬRэсє єіаЬэ-эавзэЎ Ў вRээ-э заапсэа вауаэсł псэдэ-э-вс.

19. Ѓэ- вэ-эспаэесс э-вэавдс 0 эR эазээ-є ъдRда, эRпRвіі дээ-ецђ ЬЮЌЃ э-адђэеэ-эаз R.

20. ÔRээђа сЬэазаэсє ЬRэаэ-вс Ў вRґдсgђ.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Невинномысский технологический институт (филиал)

ГИДРАВЛИКА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к практическим занятиям для студентов направления
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Невинномысск 2022

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта в части содержания и уровня подготовки выпускников по направлению 15.03.02 Технологические машины и оборудование.
Указания содержат условия и исходные данные задач для аудиторного решения, краткую методику и пояснения, схемы к расчетам и список рекомендуемой литературы.

Составитель: доц. А.И. Свидченко

Рецензент доц. А.Л. Проскурнин

Общие указания

Практические занятия являются одним из основных видов учебных занятий, т.к. выполнение практических работ закрепляет и углубляет теоретические знания, позволяет приобрести практические навыки в решении многих технических вопросов, а также пользоваться справочной литературой и нормами технической документации.

В общепрофессиональной учебной дисциплине *Гидравлика,* на выполнение практических работ отводится более ста академических часов, которые распределяются на 16 практических занятий.

Практические работы оформляются в виде отчёта в соответствии в приведёнными ниже правилами.

Правила оформления отчёта по практическим работам

1. Отчет оформляется на двойном тетрадном листе.
2. Первая страница отчета содержит титульный лист с названием темы практического занятия, указанием фамилии студента, выполняющего работу, и преподавателя, принимающего работу.
3. Последующие страницы содержат:
   - цель работы;
   - основные теоретические сведения (кратко);
   - схема лабораторной установки;
   - основные формулы для расчета;
   - итоговую таблицу с результатами опытов и вычислений;
   - выводы по результатам работы.

Перечень практических занятий

№ п/п	Название практических занятий
1	Практическое занятие 1. Определение вязкости жидкости вискозиметром Энглера
2	Практическое занятие 2. Изучение методического покоя жидкости во вращающемся сосуде
3	Практическое занятие 3. Определение силы давления жидкости на плоские стенки
4	Практическое занятие 4. Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля
5	Практическое занятие 5. Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля
6	Практическое занятие 6. Определение опытным путем слагаемых уравнения Д.Бернулли при установившемся неравномерном движении жидкости

	в напорном трубопроводе
7	Практическое занятие 7. Экспериментальная иллюстрация ламинарного и турбулентного режимов движения жидкости, определение законов сопротивления и критического числа Рейнольдса
8	Практическое занятие 8. Изучение гидравлических сопротивлений напорного трубопровода с определением коэффициентов гидравлического трения и местных сопротивлений

Практическое занятие 1

Определение вязкости жидкости вискозиметром Энглера

Цель: экспериментальное определение кинематического коэффициента вязкости ν масла при различной температуре t; построение по опытным данным графика зависимости $\nu = f(t)$.

Правила оформления отчёта по практической работе сформулированы в общих указаниях (см. стр. 3)

При движении отдельных слоев жидкости относительно друг друга между ними возникают силы сопротивления (вязкости, внутреннего трения). Механизм возникновения силы сопротивления можно представить следующим образом (рис. 1). Слой жидкости, прилегающей к пластине, прилипает к ней и движется вместе с пластиной со скоростью u_0. Вследствие молекулярных связей прилипший слой жидкости увлекает за собой следующий слой и т.д.

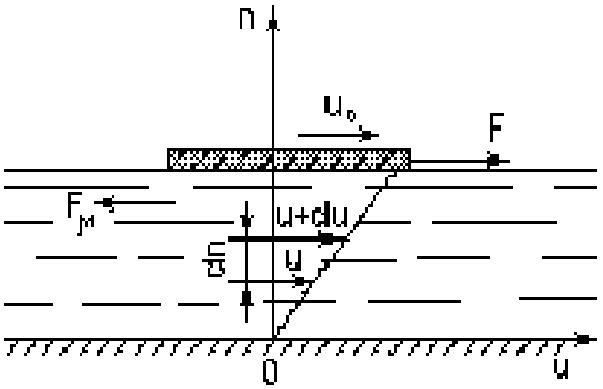


Рис. 1. Схема слоистого движения жидкости

Поскольку нижний слой прилипает к неподвижной пластине, то его скорость равна нулю. Таким образом, в жидкости возникает слоистое движение с некоторым распределением скоростей по нормали n. В рассматриваемом случае распределение скоростей линейное.

Ньютон указал на те параметры, от которых зависит величина силы внутреннего трения.

Для рассматриваемого слоистого движения

$$F_\mu = \pm \mu S \frac{du}{dn}, \qquad (1)$$

где μ – динамический коэффициент вязкости; S – площадь поперечного сечения слоев; $\partial u / \partial n$ – градиент скорости (показатель интенсивности изменения величины скорости по нормали к ее направлению). Знак в формуле (1) определяется значением градиента скорости так, чтобы величина была положительной.

Сила вязкости, приходящаяся на единицу площади поверхности раздела двух слоев, или вязкостное (касательное) напряжение равна

$$\tau_\mu = \pm\mu \frac{du}{dn} \qquad (2)$$

Поскольку всякое трение сопровождается потерей энергии, то и при движении вязкой жидкости неизбежно теряется часть её механической энергии.

Особенно сильно влияние сил внутреннего трения проявляется вблизи обтекаемых твердых поверхностей, где градиент скорости, а следовательно, и касательное напряжение имеют наибольшую величину.

Динамический коэффициент вязкости μ является основной количественной характеристикой вязкости среды. Единицами измерения μ служат: в системе СИ – Н·с/ м^2 (Па·с); в системе СГС – г / (см·с) или пуаз (П); в технической системе – кгс·с /м^2.

Наряду с динамическим коэффициентом вязкости в практических расчетах широко используют кинематический коэффициент вязкости ν, определяемый соотношением

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}, \qquad (3)$$

где ρ – плотность жидкости. Единицами измерения кинематического коэффициента вязкости являются м^2 / с и см^2 / с (стокс).

Вязкость жидкостей сильно зависит от температуры (рис. 2). Вязкость капельных жидкостей с возрастанием температуры уменьшается, а газов - возрастает; объясняется это их различным молекулярным строением. Вязкость капельных жидкостей от давления зависит очень слабо, и в гидравлических расчетах эта зависимость не учитывается.

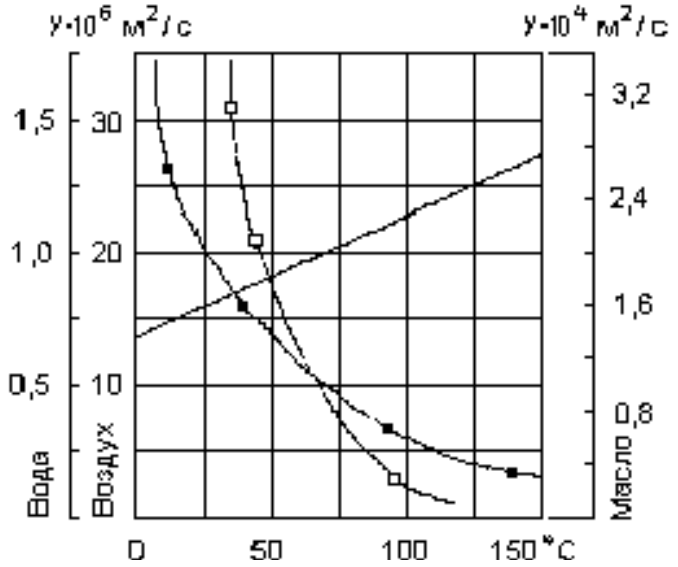


Рис. 2. График зависимости кинематического коэффициента вязкости воздуха (сплошная линия), воды (точки) и машинного масла (квадратики) от температуры

Для воды Пуазейлем была установлена следующая зависимость динамического коэффициента вязкости от температуры

$$\mu = \mu_0 \left(1 + 0{,}0337t + 0{,}000221t^2\right)^{-1}, \qquad (4)$$

где μ_0 и μ – динамические коэффициенты вязкости при температурах 0 ^{0}C и t ^{0}C соответственно.

Для воздуха можно пользоваться формулой

$$\mu = \left(1700 + 5{,}8t - 0{,}0117t^2\right)\cdot 10^{-8} \qquad (5)$$

В табл. 2 и 3 приложения приведены значения коэффициентов вязкости некоторых жидкостей и газов при разных температурах.

Жидкость, обладающая абсолютной текучестью, т. е. лишенная вязкости, является идеальной. В ней $\tau_\mu = 0$. В покоящейся реальной жидкости касательные напряжения также отсутствуют $\left(\mu \neq 0;\quad \frac{du}{dn} = 0;\quad \tau_\mu = 0\right)$.

Коэффициенты вязкости определяются опытным путем при помощи приборов, называемых вискозиметрами. Существует большое число вискозиметров, различных по принципу действия, устройству и точности. Для определения вязкости капельных жидкостей широкое распространение получил вискозиметр Энглера.

Описание опытной установки

Вискозиметр Энглера (рис. 3) состоит из металлического сосуда 2, помещенного в водяную ванну 1. Сосуд 2 имеет сферическое дно с припаянной к нему латунной цилиндрической трубкой.

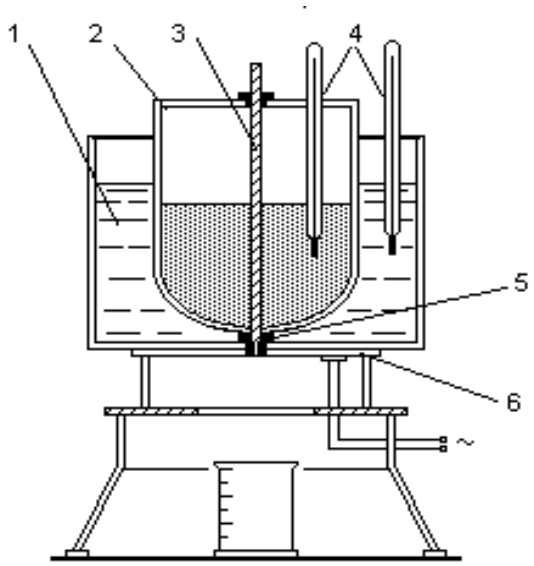


Рис. 3. Схема лабораторной установки

В отверстие латунной цилиндрической трубки вставляется платиновый насадок 5 диаметром 2,8 мм, служащий для выпуска исследуемой жидкости из сосуда 2. Отверстие насадка 5 закрывается специальным стерженьком 3.

Вискозиметр Энглера укомплектован специальным треножником, на котором смонтирован электронагреватель 6 для подогрева воды и исследуемой жидкости.

В сосуд 2 наливают испытуемую жидкость, подогревают ее до заданной температуры, а затем выпускают через насадок. Отношение времени истечения τ 200 см^3 испытуемой жидкости ко времени истечения $\tau_в$ 200 см^3 дистиллированной воды при температуре 20 ^{0}C называется градусом Энглера ^0E

$$^0E = \frac{\tau}{\tau_в}. \qquad (6)$$

Для перехода от условной вязкости, выраженной в градусах Энглера, к кинематическому коэффициенту вязкости ν (см^2 / с) можно пользоваться эмпирической формулой

$$\nu = 0{,}0731\ ^0E - \frac{0{,}0631}{^0E} \qquad (7)$$

Порядок выполнения работы

1. Закрыть отверстие платинового насадка 5 стерженьком 3 и налить в сосуд 2 исследуемую жидкость в количестве 200 см^3.
2. С помощью электронагревателя 6 и водяной ванны 1 поддерживать в сосуде 2 необходимую температуру, контролируемую термометрами 4.
3. При достижении заданной температуры открыть отверстие насадка 5 и определить время τ истечения 200 см^3 исследуемой жидкости. Опыты провести при следующих пяти значениях температуры: комнатной; 30 ^{0}C; 40 ^{0}C; 50 ^{0}C; и 60 ^{0}C.
4. После проведения последнего опыта жидкость слить в соответствующий сосуд и протереть насухо вискозиметр. Время $\tau_в$ истечения 200 см^3 дистиллированной воды при температуре 20 ^{0}C принять равным 54 с.

Обработка опытных данных

1. Вычислить градус Энглера ^0E_i (i = 1, 2, 3, 4, 5) для каждого проделанного опыта по формуле (6).
2. Определить кинематический коэффициент вязкости ν_i (i = 1, 2, 3, 4, 5) по эмпирической формуле Убеллоде (7).
3. Определить динамический коэффициент вязкости μ_i (i = 1, 2, 3, 4, 5) по формуле (3).
4. Построить график зависимости ν от t и сравнить полученные числовые значения ν с известными.
5. Результаты измерений и вычислений свести в таблицу.

№№ п/п	t, ^{0}C	$\tau_в$, с	τ, с	^0E	ν, м^2/с	μ, Па·с

Контрольные вопросы

1. Что такое вязкость?
2. Назовите единицы измерения коэффициента вязкости. Какова их размерность?
3. Что такое градус Энглера?

Информационное обеспечение

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2006.– 175с.

Практическое занятие 2

Изучение методического покоя жидкости во вращающемся сосуде

Цель: экспериментальное определение распределения давления и построение эпюры гидростатического давления жидкости на дно и боковую поверхность вращающегося цилиндрического сосуда.

Правила оформления отчёта по практической работе сформулированы в общих указаниях (см. стр. 3)

Выбирая систему координат, жестко связанную со стенками резервуара, приходим к статической задаче, основой для решения которой служат уравнения Эйлера. Однако в соответствии с принципом Даламбера в данном случае в число действующих массовых сил необходимо включить силы инерции.

Если цилиндрический сосуд с жидкостью (см. рис. 4) вращается вокруг центральной оси с постоянной угловой скоростью ω, то на жидкость будут действовать сила тяжести и центробежная сила инерции. Закон распределения абсолютного давления *p* в жидкости при этом выражается зависимостью [2]

$$p = p_0 + \rho\frac{\omega^2}{2}r^2 + \rho g\left(H_1 - z\right), \qquad (1)$$

где p_0 – внешнее (атмосферное) давление, Па;
ρ – плотность жидкости, *кг/м;*^{3}
ω – угловая скорость вращения сосуда, *1/с*;
z, *r* – цилиндрические координаты, *м*;
g – ускорение свободного падения, *м/с*^{2}.

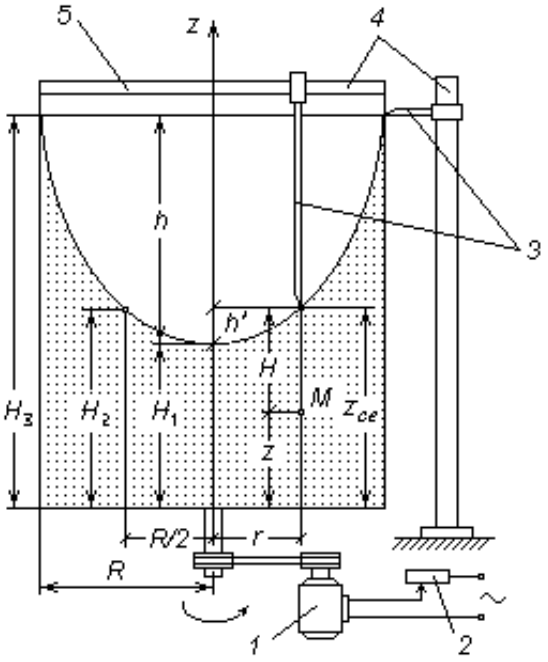


Рис. 4 Схема лабораторной установки

Свободная поверхность жидкости, а также все изобарические поверхности представляют собой конгруэнтные параболоиды вращения с осью *z*. Уравнение свободной поверхности определяется из формулы (1).

При $p = p_0$, $z = z_{св}$ получаем

$$h' = z_{св} - H_1 = \frac{\omega^2 r^2}{2g}, \qquad (2)$$

где $z_{св}$ – координата точки, находящейся на свободной поверхности;

h' – высота, на которую поднимается над вершиной параболоида точка свободной поверхности жидкости.

Выражая из уравнения (2) $\frac{\omega^2 r^2}{2}$ и подставляя это значение в (1), получим

$$p = p_0 + \rho g\left(z_{св} - z\right) = p_0 + \rho g H, \qquad (3)$$

где $H = z_{св} - z$ – глубина погружения, которая в данном случае отсчитывается от криволинейной свободной поверхности.

Если произвольная точка *M* с координатами *z*, *r* расположена на дне сосуда, то очевидно, $z = 0$ и $z_{св} = H$. Таким образом, в жидкости, покоящейся в равномерно вращающемся сосуде, давление по вертикали распределяется по гидростатическому закону.

Высота h параболоида вращения, образованного свободной поверхностью, определяется из уравнения (2). При $r = R$, $h' = h$

$$h = \frac{\omega^2 R^2}{rg}, \qquad (4)$$

где R – радиус цилиндра, м. Из уравнения (4) находим

$$\omega = \frac{\sqrt{2gh}}{R}. \qquad (5)$$

Описание опытной установки

Прозрачный цилиндрический сосуд 5, заполненный подкрашенной жидкостью, при включении электродвигателя 1 вращается вокруг вертикальной оси z с угловой скоростью ω. Для изменения частоты вращения вала электродвигателя (цилиндра) имеется электротрансформатор 2. Мерные рейки 4 и указатели уровня 3 служат для измерения высоты h и глубины погружения H.

На боковой поверхности сосуда нанесена красная вертикальная черта. Она служит для подсчета числа оборотов вращения сосуда за произвольное время τ, отсчитываемое секундомером.

Атмосферное давление измеряется барометром, температура воды в цилиндре - ртутным термометром.

Порядок выполнения работы

1. Установив ручку электротрансформатора на «нуль», включить электродвигатель в сеть.
2. Медленно вращая ручку электротрансформатора по часовой стрелке, установить такое число оборотов вращения вала электродвигателя, чтобы параболоид, образованный свободной поверхностью жидкости, не касался дна сосуда.
3. Измерить высоту h и глубины погружения H_1, H_2 и H_3.
4. С помощью секундомера определить число n оборотов вращения цилиндра за произвольное время τ.
5. Выключить электродвигатель. Измерить радиус цилиндра R.
6. Записать показания барометра и термометра.
7. Изменить число оборотов вращения вала электродвигателя и повторить измерения по п. 2 и 3.

Обработка опытных данных

1. Вычислить угловую скорость вращения цилиндра по формуле (5)

$$\omega^{(1)} = \frac{\sqrt{2gh}}{R}.$$

2. Вычислить угловую скорость вращения цилиндра по формуле

$$\omega^{(2)} = \frac{2\pi n}{\tau}.$$

3. Определить среднее значение угловой скорости $\omega = 0{,}5\left(\omega^{(1)} + \omega^{(2)}\right)$.

4. Определить распределение абсолютного давления на дне $(z = 0)$ вращающегося сосуда по формулам (1) и (3) . Вычисления произвести для трех точек:

$$r_1 = 0\ ,\ r_2 = \frac{R}{2}\ ,\ r_3 = R\ .$$

5. Найти среднее значение абсолютного давления $p_i = 0{,}5\left(p_i^{(1)} + p_i^{(2)}\right)$, где $p_i^{(1)}$ и $p_i^{(2)}$ - значения давлений, вычисленные по формулам (1) и (3) соответственно; i = 1, 2, 3.
6. Построить эпюры гидростатического давления $(p_г = p_и = p - p_{ат})$ жидкости на дно и боковую поверхность вращающегося цилиндрического сосуда.
7. Результаты измерений свести в таблицу.

№ пп	h, м	H_1, м	H_2, м	H_3, м	R, м	n	τ, с	t, ^{0}C	$p_{ат}$, Па	$p_{и1}$ Па	$p_{и2}$ Па	$p_{и3}$ Па
1 2												

Контрольные вопросы

1. Что такое относительный покой? Назовите практические примеры относительного покоя.
2. По какому закону изменяется давление в жидкости по глубине равномерно вращающегося сосуда?
3. Как изменяется гидростатическое давление жидкости на дно цилиндра с увеличением угловой скорости вращения?
4. По какой формуле (1) или (3) расчет давлений производится точнее и почему?

Информационное обеспечение

2. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2006.− 175с.

Практическое занятие 3

Определение силы давления жидкости на плоские стенки

Цель: демонстрация закона Паскаля, приобретение навыков определения силы избыточного давления на плоские горизонтальную и вертикальную стенки.

Правила оформления отчёта по практической работе сформулированы в общих указаниях (см. стр. 3)

При подготовке к работе, в процессе выполнения работы и при обработке результатов опытов необходимо:

- ознакомиться с различными приборами для измерения давления;
- определить силы избыточного давления на плоские горизонтальную и вертикальную стенки.

Краткие теоретические сведения

1. Основные понятия Ыерок

$l^0_{\text{верт}}$, соответствующие начальному положению указателей на шкалах для горизонтальной и вертикальной стенки, в таблицу 1.

С помощью насоса-компрессора установить в баке режим избыточного давления. Для этого необходимо проделать следующие операции:

1. Открыть краны В1, В4 и В7;
2. Закрыть краны В2, В3, В5, В6, В8 и В9;
3. Включить тумблер «Сеть»;
4. Нажать кнопку «Пуск» и установить необходимое давление (не >180 *мм* по пьезометру П1);
5. Отпустить кнопку "Пуск" и перекрыть краны Bl и В4.

Внимание! *Не допускать, чтобы рабочая жидкость под действием избыточного давления выплеснулась через открытый конец П1. Учитывая инерционность жидкости и медленное заполнение ею пьезометра, необходимо перед снятием показаний сделать паузу 5 мин., дожидаясь стабилизации уровня жидкости в П1*

6. Зафиксировать показания H_1 пьезометра П1, показания $l^1_{\text{гориз}}$ и $l^1_{\text{верт}}$, записать эти показания в табл. 1
7. Сбросить избыточное давление в баке, для чего открыть краны В1, В2, В3, В4.

Режим вакуумметрического давления (опыт 2)

Записать показания H_0 пьезометра П1, соответствующие уровню свободной поверхности жидкости в баке при атмосферном давлении и ТоТ по и

[redacted]

Таблица 1 - Результаты опытов и вычислений (продолжение)

Наименование прибора	Обозначение	Режим	
		Избыточное давление $p_{абс} > p_{атм}$	Вакуумметрическое давление $p_{абс} < p_{атм}$
Сильфонный динамометр, вертикальная стенка	До пуска давления $l^0_{верт}$, *мм*		
	После пуска давления $l^1_{верт}$, *мм*		
	$\Delta l_{верт}$, *мм*		
	$F^{сильф}_{верт}$, *Па*		
	$F^{расч}_{верт}$, *Па*		

для режима вакуумметрического давления

Повторить пункты 1–5 с исходными данными 2-го опыта.

7. Сделать выводы по результатам работы

Таблица 2 - Перевод размерностей

	Паскаль *Па* ($Н/м^2$)	Миллиметры ртутного столба, *мм рт. ст.*	Миллиметры водяного столба, *мм вод. ст.*	Техническая атмосфера *ат.*
1*ат* (*кгс/см*^{2})	98 100	735,6	10 000	1
1 *мм рт. ст.*	133,3	1	13,6	0,00136
1 *мм вод. ст.*(1 *кг/м*^{2})	9,81	0,0736	1	10^{-4}

Контрольные вопросы

1. Что изучает гидростатика?
2. Дайте определение гидростатического давления.
3. Перечислите наиболее распространенные единицы измерения давления и укажите, какая связь существует между ними.
4. Что называется избыточным (манометрическим) давлением, как оно выражается через абсолютное?
5. Что называется вакуумметрическим давлением, как оно выражается через абсолютное?
6. Какие принципы действия приборов для измерения давления вам известны?
7. В чем заключается принцип действия жидкостных приборов? Их достоинства и недостатки.
8. Запишите основную формулу гидростатики и дайте объяснение ее составляющим.
9. Сформулируйте закон Паскаля.
10. Перечислите параметры, от которых зависит величина силы гидростатического давления на плоскую стенку.
11. Покажите графически, какие силы действуют на вертикальную стенку.

12. Как влияет изменение внешнего давления над свободной поверхностью жидкости на силу давления, которую эта жидкость оказывает на вертикальную стенку?
13. Как рассчитать силу гидростатического давления на плоскую стенку по показаниям сильфонного динамометра?
14. Как рассчитать силу гидростатического давления на плоскую стенку при отсутствии сильфонного динамометра?

Информационное обеспечение

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2006. – 175с.

Правила техники безопасности

при выполнении практической работы

«Определение силы давления жидкости на плоские стенки»

в учебной лаборатории гидравлики

1. Перед началом работы необходимо привести в порядок рабочее место, не загромождать его предметами, не имеющими отношения к выполненной работе.
2. Студент обязан выполнять только ту работу, которая ему поручена.
3. Не допускается работа студента в лаборатории без преподавателя или лаборанта.
4. Произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе. Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.
5. Включать установку в работу необходимо под наблюдением преподавателя или лаборанта.
6. Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работе.
7. Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.
8. Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.
9. Во избежание возможного поражения электрическим током, запрещается касаться при включенной установке:

   а) одновременно к проводам измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;

   б) одновременно к корпусу измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;
10. Во всех случаях при наличии признаков аварийной ситуации необходимо немедленно отключить установку и сообщить о случившимся преподавателю или лаборанту. Студентам запрещается устранение неисправностей лабораторных установок.
11. Установка должна быть немедленно отключена, если обнаружено повреждение заземления, защитного ограждения при внезапном прекращении

подачи энергии.

12. По окончании работы установка должна быть отключена в строгом соответствии с указаниями, приведенными в методической разработке к ней.
13. Перед уходом студенты обязаны привести в порядок свое рабочее место и поставить в известность преподавателя об окончании работы.

Практическое занятие 4

Измерение гидростатического давления и экспериментальное подтверждение закона Паскаля

Цель: - измерить с помощью пружинных манометров гидростатическое давление в трёх точках (A, B, C), заглублённых на различную величину по

Из уравнения (6) видно, что при $p_0 = const$ и $\rho g = const$ давление p с изменением величины h изменяется по линейному закону (см. рис. 2). Вычислив по уравнению давление p в двух точках, заглублённых на разную величину h, можно построить диаграмму распределения гидростатического давления по глубине, называемую эпюрой гидростатического давления (см. рис. 2).

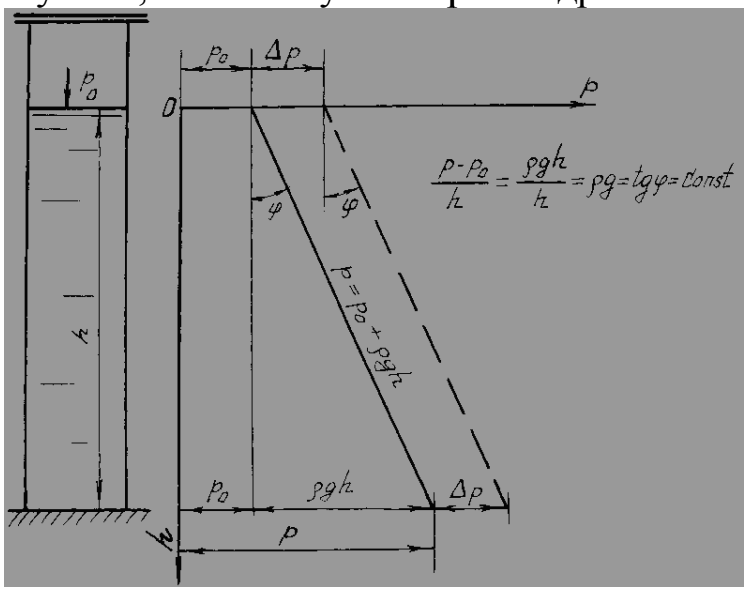


Рис 2. К закону Паскаля и его экспериментальному подтверждению

Из уравнения (6) следует, что внешнее давление p_0 в покоящейся жидкости передаётся во все точки её объёма без изменения (см. рис. 2). Это следствие, вытекающее из уравнения (6), называют законом Паскаля. Справедливость этого закона предстоит проверить опытным путём в данной работе.

Описание опытной установки

Установка (см. рис. 1) представляет собой толстостенный стальной цилиндр 1, частично заполненный водой, уровень которой измеряется водомерной трубкой 2 со шкалой 3.

Для измерения гидростатического давления над свободной поверхностью жидкости в т. *A* и в точках *B* и *C*, заглублённых под уровень соответственно на h_B и h_C, подключены пружинные манометры 4 M_1, M_2, M_3.

В пространство над свободной поверхностью можно подавать сжатый воздух от компрессора 5.

Порядок выполнения работы и обработка опытных данных

Необходимо выполнить два опыта, обеспечив в первом $p_{0_{абс}} = p_{ат} \Rightarrow p_{0_{изб}} = 0$, а во втором — $p_{0_{абс}} > p_{ат} \Rightarrow p_{0_{изб}} > 0$.

Опыт 1. Измерить с помощью шкалы глубины погружения h_B и h_C точек *B* и *C*, а также превышения y_B и y_C осей вращения стрелок манометров M_B и M_C над точками их подключения. Затем измерить показания всех трёх манометров (M_A, M_B, M_C). Полученные данные записать в таблицу (графы 4 и 6).

Опыт 2. Затем включить компрессор 5 для подачи сжатого воздуха в цилиндр 1. Довести $p_{0_{изб}}$ до величины, указанной преподавателем, после чего компрессор отключить. Далее, измерить одновременно показания манометров M_A, M_B, M_C. Результаты измерений записать в графу 5 таблицы.

Выполнить все вычисления, предусмотренные таблицей. Построить эпюру манометрического давления по глубине h. Дать заключение по результатам работы.

$h=2.5$ *м* $\Delta p=20$ *кПА*

Таблица - Результаты измерений манометров

Наименования и обозначения измеряемых и вычисляемых величин		Един. измерения	Результаты измерений и вычислений		Примечания
			Опыт 1	Опыт 2	
Показания манометров M_A, M_B, M_C	$p_{M_A} \approx p_0$	Па			
	p_{M_B}	Па			
	p_{M_C}	Па			
Измерение давления в точках A, B, C	$p_A \approx p_{M_A} \approx p_0$	Па			
	$p_B = M_B + \rho g y_B$	Па			
	$p_C = M_c + \rho g y_C$	Па			$hB = ...м$
Приращение избыточного гидростатического давления	$\Delta p_A \approx \Delta p_0 = p_{0_2} - p_{0_1}$	Па			$h_И = ...м$
	$\Delta p_B = p_{B_2} - p_{B_1}$	Па			$h_C = ...м$
	$\Delta p_C = p_{C_2} - p_{C_1}$	Па			$y_B = ...м$
Средняя величина приращения избыточного гидростатического давления	$\Delta p_{ср} = \frac{\Delta p_0 + \Delta p_B + \Delta p_C}{3}$	Па			$y_C = ...м$
					$\rho = 1000 \frac{кг}{м^2}$
					$g = 9{,}81 \frac{м}{с^2}$
Относительные отклонения приращений давления в точках A, B, C от средней его величины.	$E_{\Delta p_0} = (\Delta p_{ср} - \Delta p_0) / \Delta p_{ср}$	-			
	$E_{\Delta p_И} = (\Delta p_{ср} - \Delta p_И) / \Delta p_{ср}$	-			
	$E_{\Delta p_C} = (\Delta p_{ср} - \Delta p_C) / \Delta p_{ср}$	-			

Примечание к таблице. Индексы «1» и «2» у величин гидростатического давления (см. позицию 3 таблицы) соответствуют номерам ответа.

Контрольные вопросы

1. Что такое гидростатическое давление и каковы его свойства?
2. Поясните, что такое абсолютное и избыточное гидростатическое давление и какова связь между ними?
3. Объясните, что понимают под терминами: «внешнее давление» и «весовое давление»?
4. Напишите и поясните основное уравнение гидростатики.
5. Сформулируйте закон Паскаля.

6. Назовите приборы для измерения избыточного гидростатического давления и поясните принцип их действия.
7. Поясните, что такое пьезометрическая высота?
8. В чём состояло принципиальное отличие в условиях проведения первого и второго опытов?
9. Для чего нужно знать превышение оси вращения стрелки пружинного манометра над точкой его подключения?

Информационное обеспечение

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2006. – 175с.

Практическое занятие 5

Измерение гидростатического давления с помощью жидкостных и механических приборов

Цель: освоение способов измерения гидростатического давления.

Правила оформления отчёта по практической работе сформулированы в общих указаниях (см. стр. 3)

При подготовке к работе, в процессе выполнения работы и при обработке результатов опытов необходимо:

- ознакомиться с различными приборами для измерения давления;
- определить давление под крышкой бака по показаниям пьезометра, U-образного мановакуумметра и батарейного мановакуумметра и сравнить их с показаниями механического прибора;
- рассчитать абсолютное давление в баке.

Краткие теоретические сведения

1. Основные понятия гидростатики

Гидростатика – это раздел гидромеханики, в котором изучаются условия и закономерности равновесия жидкостей под действием приложенных к ним сил, а также воздействия покоящихся жидкостей на погруженные в них тела и на стенки сосудов. Гидростатика рассматривает распределение давления в покоящейся жидкости, определение величины, направления и точки приложения силы давления жидкости на плоские и криволинейные стенки.

Если на элементарную площадку ΔS действует сила ΔF, то $p_n = \lim_{\Delta S \to 0} \frac{\Delta F}{\Delta S}$ является напряжением поверхностных сил в точке, к которой стягивается площадка ΔS, имеющая нормаль *n*. Единицей измерения давления (нормального сжимающегой из ряжения) в систежж т ам н жени

Гидростатическим давлением называется напряжение, возникающее в жидкости, находящейся в равновесии. Единицей измерения дави вжен

В гидростатике рассматривают абсолютное давление $p_{абс}$, избыточное (манометрическое) давление $p_{изб}$ ($p_{ман}$), вакуумметрическое давление $p_{вак}$, а также атмосферное давление $p_{атм}$ (B).

Если покоящаяся жидкость находится в ненапряженном состоянии, то есть в ней отсутствуют напряжения сжатия, то гидростатическое давление равно нулю: $p = 0$. Значения давлений, отсчитываемых от этого нуля, называются *абсолютными*.

Избыточным (манометрическим) давлением в т. А называется превышение абсолютного давления над атмосферным:

$$p_{изб} = p_{ман} = p_{абс} - p_{атм} \qquad (1)$$

Вакуумметрическое давление образуется как недостаток абсолютного давления до атмосферного:

$$p_{вак} = p_{атм} - p_{абс} \qquad (2)$$

Если над свободной поверхностью жидкости известно давление p_0, то давление p_1 в любой другой точке 1 этой жидкости можно определить по *основной формуле гидростатики:*

$$p_1 = p_0 + \rho g h_1 \qquad (3)$$

где h_1 – расстояние по вертикали от исследуемой точки до свободной поверхности, или, что то же, h_1 – заглубление точки 1 относительно поверхности;

ρ – плотность жидкости; g – ускорение свободного падения.

Слагаемое $\rho g h_1$ представляет собой дополнительное *весовое давление* столба жидкости высотой h_1.

Из формулы гидростатики 3 следует, что всякое изменение внешнего давления p_0 вызывает изменение давления во всех точках покоящейся жидкости на то же значение. Это вывод известен как *закон Паскаля.*

2. Приборы для измерения давления

Жидкостные приборы получили широкое распространение благодаря простоте исполнения и высокой точности. Величина измеряемого давления находится по формулам гидростатики (3), а соответствующие высоты - по формулам (4) - (6).

Простейшим жидкостным прибором является *пьезометр* – прозрачная трубка, одним концом опущенная в исследуемую точку, другим - открытая в атмосферу (рис. 1).

Избыточное давление в точке А определяется пьезометрической высотой $h_п$, вакуумметрическое давление – вакуумметрической высотой $h_в$:

$$p_{изб} = \rho g h_п; \qquad p_{вак} = \rho g h_в \qquad (4)$$

Абсолютное давление в точке А может быть определено по приведенной высоте $h_{пр}$ – высоте столба жидкости в запаянной трубке, из которой удален воздух, так что давление на свободной поверхности в ней близко к нулю: $p_0 \to 0$.

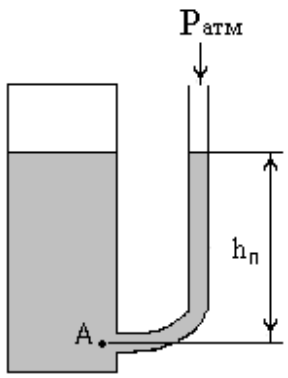


Рис. 1. Измерение избыточного и вакуумметрического давлений с помощью пьезометра

Из формулы (3), записанной в виде $p_0 = p_{атм} \pm \rho g h$, следует, что величины избыточного, вакуумметрического и абсолютного давлений могут быть выражены через линейные величины:

$$h_п = \frac{p_0 - p_{атм}}{\rho g} = \frac{p_{изб}}{\rho g}, \quad p_0 > p_{атм} \qquad (5)$$

$$h_в = \frac{p_{атм} - p_0}{\rho g} = \frac{p_{вак}}{\rho g}, \quad p_0 < p_{атм} \qquad (6)$$

$$h_{пр} = \frac{p_0}{\rho g}. \qquad (7)$$

В формулах (5) – (7) обозначено: $h_п$ – пьезометрическая высота; $h_в$ – вакуумметрическая высота; $h_{пр}$ – приведенная высота.

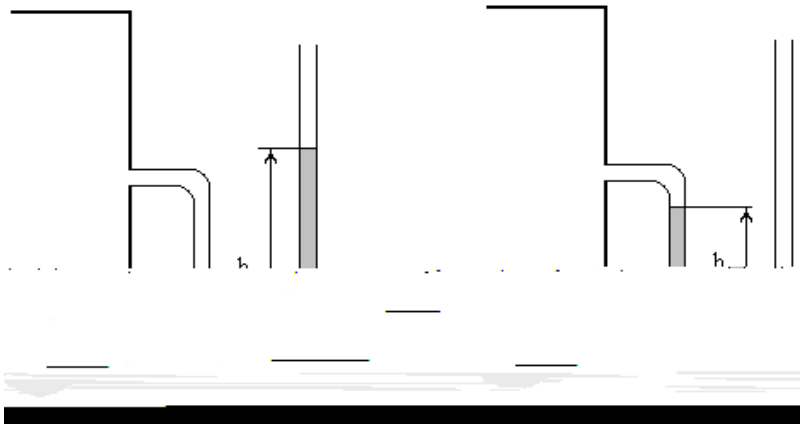


Рис. 2. U-образный мановакуумметр

Для измерения разности (перепада) давлений служит *U- образный мановакуумметр* (рис. 2). Величина давления также определяется формулами (4).

Существенным недостатком жидкостных приборов является узость диапазона измеряемых давлений. Расширить этот диапазон можно, используя несколько последовательно соединенных U - образных манометров. Такой прибор называется *батарейным мановакуумметром* (рис. 3).

Рис. 3. Батарейный мановакуумметр

Давление воздуха в баке уравновешивается перепадами уровней жидкости в трубках манометра. Для показаний батарейного мановакуумметра на рис. 3 расчет манометрического давления в баке определяется суммированием всех перепадов уровней от открытого конца до присоединения его к резервуару:

$$p_м = \rho_в g h_1 + \rho_в g h_2 + \rho_в g h_3 \qquad (8)$$

$$p_м = \rho_в g (h_1 + h_2 + h_3) \qquad (9)$$

Весовым давлением воздуха в левом конце батарейного манометра ввиду его малости пренебрегают.

Описание лабораторного стенда

Стенд (рис. 4) состоит из рабочего стола 1, закреплённых на нём бака 2 и щита 3 с батарейным мановакуумметром П3. Рядом со столом закреплен щит настенных пьезометров 4. Бак на $3/4$ заполнен рабочей жидкостью (водой).

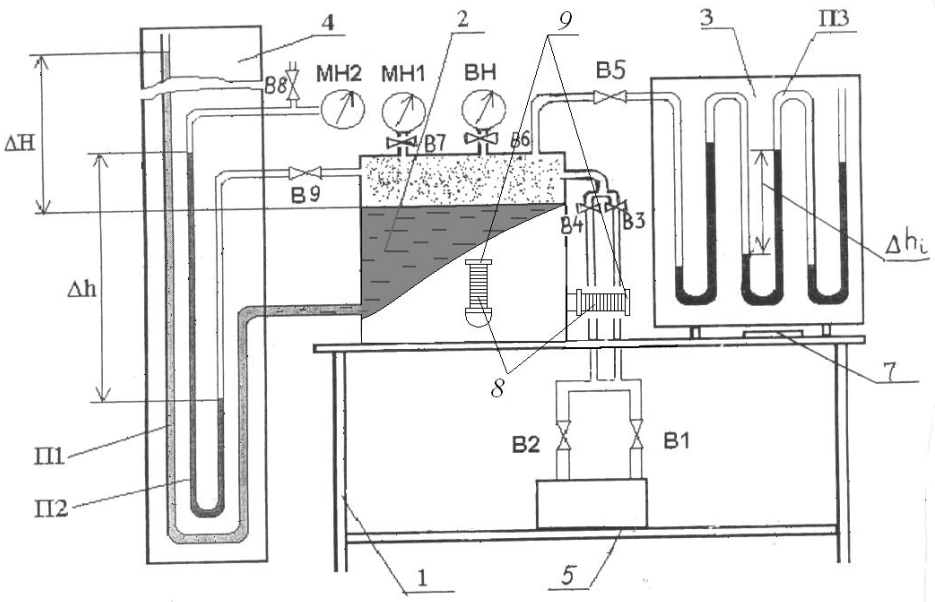


Рис. 4.Лабораторный стенд ”Гидростатика ГС”

С помощью насоса-компрессора 5, установленного на нижней полке стола, под крышкой бака может быть создано избыточное или вакуумметрическое давление. Необходимый режим обеспечивается с помощью панели управления 7 и кранов В1, В2 и В3, В4.

Давление воздуха в баке регистрируется механическими приборами - манометром МН1 и вакуумметром ВН. На лицевой и боковой стенках бака расположены фланцы, к которым через сильфоны 8 крепятся две испытуемые плоские стенки 9 – вертикальная и горизонтальная. На фланцах закреплены линейки со шкалами, служащие для определения перемещения стенок. Колена батарейного мановакуумметра П3 заполнены жидкостью - водой (в общем случае жидкости могут быть различными). Левый конец батарейного мановакуумметра соединен с верхней частью бака, заполненной воздухом, правый открыт в атмосферу.

На настенном щите пьезометров 4 размещены пьезометр П1, подключённый к заполненной рабочей жидкостью части бака, и U-образный мановакуумметр П2, заполненный водой. Один конец мановакуумметра П2 подсоединен к верхней (воздушной) части бака, а второй выведен на механический прибор - манометр МН2.

Порядок выполнения работы

Режим избыточного давления (опыт 1)

Записать показания H_0 пьезометра П1, соответствующие уровню свободной поверхности жидкости в баке при атмосферном давлении в табл. 1.

С помощью насоса-компрессора установить в баке режим избыточного давления. Для этого необходимо проделать следующие операции:

1. Открыть краны В1, В4, В5, В7, В8 и В9;
2. Закрыть краны В2, В3, В6;

3. Включить тумблер «Сеть»;
4. Нажать кнопку «Пуск» и установить необходимое давление (не >0,06 кгс/см^2 по механическому прибору МН1);
5. Отпустить кнопку "Пуск" и перекрыть краны Bl и В4.

Внимание! *Не допускать, чтобы рабочая жидкость под действием избыточного давления выплеснулась через открытый конец П1. Учитывая инерционность жидкости и медленное заполнение ею пьезометра, необходимо перед снятием показаний сделать паузу 5 мин., дожидаясь стабилизации уровня жидкости в П1, П2, П3.*

6. Зафиксировать показания H_1 пьезометра П1, $\Delta H_{П2}$ U-образного манова-куумметра П2, показания Δh_1, Δh_2, Δh_3, Δh_4 батарейного манометра ПЗ и показания $p_{МН1}$ механического прибора МН1; записать эти показания в табл. 2
7. Сбросить избыточное давление в баке, для чего открыть краны В1, В2, В3, В4.

Режим вакуумметрического давления (опыт 2)

Записать показания H_0 пьезометра П1, соответствующие уровню свободной поверхности жидкости в баке при атмосферном давлении.

С помощью насоса-компрессора установить в баке режим вакуумметрического давления. Для этого необходимо:

1. Открыть краны В2, В3, В5, В6, В8 и В9.
2. Закрыть краны В1, В4, и В7.
3. Включить тумблер «Сеть».
4. Нажать кнопку «Пуск» и установить необходимое давление (не >0,05 по механическому прибору ВН).

Внимание! *Необходимо следить, чтобы жидкость под действием вакуумметрического давления не опустилась до нижнего края пьезометра П1;*

5. Отпустить кнопку «Пуск» и перекрыть краны В2 и В3.
6. Зафиксировать показания H_1 пьезометра П1, $\Delta H_{П2}$ U-образного мановакуумметра П2, показания Δh_1, Δh_2, Δh_3, Δh_4 батарейного манометра ПЗ и показания $p_{ВН}$ механического прибора ВН; записать эти показания в табл. 2
7. Сбросить давление в баке, для чего открыть краны В1, В2, В3, В4.

Обработка результатов экспериментов

По данным, записанным в таблицу в результате проделанных опытов, выполнить следующие вычисления:

для режима избыточного давления

1. Рассчитать $\Delta H_{П1}$ показаний пьезометра П1 и избыточное давление $p_{П1}$ по пьезометру.

$$\Delta H_{П1} = H_1 - H_0, \textit{ мм. вод. ст.}$$

$$p_{П1} = \rho_в \cdot g \cdot \Delta H_{П1}, \textit{ Па}$$

$$\rho_{в} \approx 1000\, кг/м^3$$

2. Рассчитать избыточное давление $p_{П2}$ по U-образному манометру.

$$p_{П2} = \rho_{в} \cdot g \cdot \Delta H_{П2}\ ,\ Па$$

3. Рассчитать $\Delta H_{П3}$ показаний батарейного манометра П3 и избыточное давление $p_{П3}$ по батарейному манометру.

$$\Delta H_{П3} = \sum_{i=1}^{4} \Delta h_i\ ,\ мм.\ вод.\ ст.$$

$$p_{П3} = \rho_{в} \cdot g \cdot \Delta H_{П3}\ ,\ Па$$

4. Сравнить рассчитанные значения $p_{П1}$, $p_{П2}$, $p_{П3}$ с показаниями механического прибора и вычислить погрешность.

$$\delta = \frac{\left| p_{МН1(ВН)} - p_{Пi} \right|}{p_{МН1(ВН)}} \cdot 100\%$$

5. Занести результаты расчетов в таблицу.

6. Снять показания атмосферного давления $p_{атм}$ с барометра. Рассчитать значения p_0 [Па] по показаниям механического прибора МН1 (ВН).

$$p_{0МН1} = p_{атм} + p_{МН1}\ ,\ Па$$

$$p_{0ВН} = p_{атм} - p_{ВН}\ ,\ Па$$

для режима вакуумметрического давления

Повторить пункты 1 - 6 с исходными данными 2-го опыта.

7. Сделать выводы по результатам работы.

Таблица 1 - Перевод размерностей

	Паскаль *Па* ($Н/м^2$)	Миллиметры ртутного столба, *мм рт. ст.*	Миллиметры водяного столба, *мм вод. ст.*	Техническая атмосфера *ат.*
1*ат (кгс/см*^{2}*)*	98 100	735,6	10 000	1
1 *мм рт. ст.*	133,3	1	13,6	0,00136
1 *мм вод. ст.*(1 *кг/м*^{2})	9,81	0,0736	1	10^{-4}

Таблица 2 - Результаты опытов и вычислений

Наименование прибора	Обозначения	Режим	
		Избыточное давление $p_{абс} > p_{атм}$	Вакуумметрическое давление $p_{абс} < p_{атм}$
Пьезометр П1	H_0, *мм.вод.ст.*		
	H_1, *мм.вод.ст.*		
	$\Delta H_{П1}$, *мм.вод.ст.*		
	$p_{П1}$, *Па*		

	погрешность δ, %		
U-образный манометр	$\Delta H_{П2}$, *мм.вод.ст.*		
	$p_{П2}$, *Па*		
	погрешность δ, %		
Батарейный манометр П3	Δh_1, *мм.вод.ст.*		
	Δh_2, *мм.вод.ст.*		
	Δh_3, *мм.вод.ст.*		
	Δh_4, *мм.вод.ст.*		
	$\Delta H_{П3}$, *мм.вод.ст.*		
	$p_{П3}$, *Па*		
	погрешность δ, %		
Механи-ческие при-боры МН1, ВН	$p_{МН1}$, $p_{ВН}$, *кгс/см*^{2}		
	$p_{МН1}$, $p_{ВН}$, *Па*		
Абсолютное давление в сосуде	$p_{0\ МН1}$, $p_{0\ ВН}$, *Па*		

Контрольные вопросы

1. Дайте определение абсолютного значения гидростатического давления.
2. Что называется избыточным (манометрическим) давлением, как оно выражается через абсолютное?
3. Что называется вакуумметрическим давлением, как оно выражается через абсолютное?
4. Перечислите наиболее распространенные единицы измерения давления и укажите, какая связь существует между ними.
5. Какие принципы действия приборов для измерения давления вам известны?
6. В чем заключается принцип действия жидкостных приборов? Их достоинства и недостатки.
7. Запишите основную формулу гидростатики и дайте объяснение ее составляющим.
8. Сформулируйте закон Паскаля.
9. Как определяется гидростатическое давление по батарейному манометру?
10. Какой прибор для определения давление в настоящей работе считается более точным и берется за эталон при расчете погрешности?

Информационное обеспечение

1. Кудинов В.А., Карташов Э.М. Гидравлика. – М.: Высшая школа, 2006. – 175с.

Правила техники безопасности

при выполнении практической работы

«Измерение гидростатического давления с помощью жидкостных и механических приборов» в учебной лаборатории гидравлики**.**

1. Перед началом работы необходимо привести в порядок рабочее место, не загромождать его предметами, не имеющими отношения к выполняемой работе.
2. Студент обязан выполнять только ту работу, которая ему поручена.
3. Не допускается работа студента в лаборатории без преподавателя или лаборанта.
4. Произвести тщательный осмотр оборудования и приборов для определения их пригодности к работе. Электрические шнуры, вилки, розетки и выключатели не должны иметь видимых повреждений. Включать установку при наличии неисправностей запрещается.
5. Включать установку в работу необходимо под наблюдением преподавателя или лаборанта.
6. Во время выполнения задания студент не должен заниматься посторонними делами, не относящимися к выполнению данной работе.
7. Запрещается оставлять без наблюдения действующую установку.
8. Запрещается работать в лаборатории одному. Обязательно присутствие второго лица для оказания первой помощи в случае необходимости.
9. Во избежание возможного поражения электрическим током, запрещается касаться при включенной установке:

   а) одновременно к проводам измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;

   б) одновременно к корпусу измерительного прибора и к трубопроводу отопления, водопровода или замыкающему контуру;
10. Во всех случаях при наличии признаков аварийной ситуации необходимо немедленно отключить установку и сообщить о случившимся преподавателю или лаборанту. Студентам запрещается устранение неисправностей лабораторных установок.
11. Установка должна быть немедленно отключена, если обнаружено повреждение заземления, защитного ограждения при внезапном прекращении подачи энергии.
12. По окончании работы установка должна быть отключена в строгом соответствии с указаниями, приведенными в методической разработке к ней.
13. Перед уходом студенты обязаны привести в порядок свое рабочее место и поставить в известность преподавателя об окончании работы.

Определение опытн
при установившемся не

Цель: - определить
Д. Бернулли для сечений I
сечениями (см. рис. 1);

- вычислить средние
ры $U^2/2g$ для указанных ж

- построить в масштаб
нию полного напора (см. ри

Правила оформления
ны в общих указаниях (см

струйчатым, перемешивание частиц жидкости отсутствует.

Турбулентный режим наблюдается при значительных скоростях и характеризуется интенсивным перемешиванием частиц жидкости, что обуславливает пульсацию скоростей и давления.

Средняя скорость потока, при которой происходит смена режима движения жидкости, называется критической ($\upsilon_{кр}$). Величина ее, как показывают опыты в трубопроводах круглого сечения, зависит от рода жидкости, характеризуемого динамической вязкостью μ, и плотностью ρ, а также от диаметра трубопровода *d*. Одновременно опытами установлено, что величина безразмерного алгебраического комплекса, отвечающей критической скорости $\upsilon_{кр}$,

$$\mathrm{Re}_{кр(d)} = \frac{\upsilon_{кр} d\rho}{\mu} = \frac{\upsilon_{кр} d}{\nu} \approx 2320 = const \qquad (1)$$

от μ, ρ и *d* не зависит. $\mathrm{Re}_{кр\,(d)}$=2320 называется критическим числом Рейнольдса. Устойчивый ламинарный режим наблюдается при значениях числа Рейнольдса $\mathrm{Re}_{(d)} = \frac{\upsilon d}{\nu} < \mathrm{Re}_{кр(d)} \approx 2320$, а *турбулентный* – при $\mathrm{Re}_{(d)} > \mathrm{Re}_{кр\,(d)}$.

Таким образом, ***число Рейнольдса***

$$\mathrm{Re}_{(d)} = \frac{\upsilon d}{\nu} \qquad (2)$$

является критерием, позволяющим судить о режиме движения жидкости в круглой трубе, работающей полным сечением.

Величину $\nu = \mu/\rho$, входящую в формулу (1) и (2), называют кинематической вязкостью жидкости.

Из изложенного следует, что для определения режима движения жидкости в круглом трубопроводе при напорном движении достаточно вычислить по формуле (2) число Рейнольдса и сравнить его с критическим.

Знание режима движения жидкости необходимо для правильной оценки потерь напора при гидравлических расчетах. Дело в том, что, как показывают опыты в круглых трубах при напорном равномерном движении (результаты их представлены на рис. 1 в виде графика зависимости потерь напора по длине h_l от средней скорости υ) при ламинарном режиме потери напора h_l пропорциональны средней скорости υ в первой степени, а при турбулентном – в степени

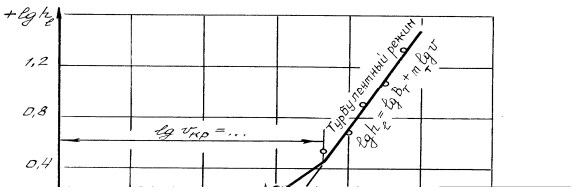
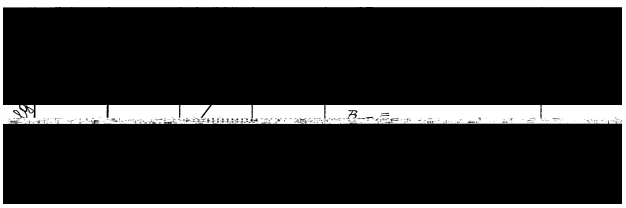


Рис. 1. График зависимости потерь напора по длине h_l от средней скорости υ в логарифмической форме



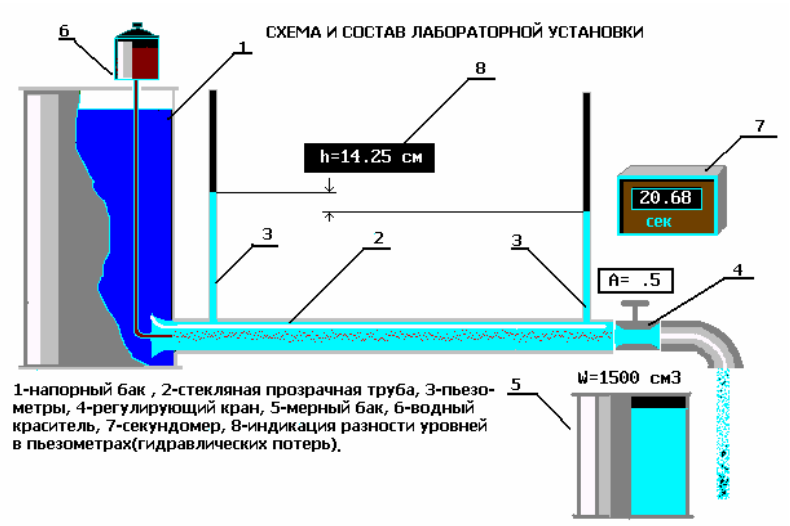


Рис. 2 Схема и состав лабораторной установки

$1{,}75 < m < 2{,}0$. Заметим, что с помощью этого графика определяют величину критической скорости $\upsilon_{кр}$, а через нее – и критическое число Рейнольдса по формуле (1).

Описание установки

Установка включает в себя расположенную горизонтально стеклянную трубу 2 (d = 0,9 см), в которой и изучается движение воды при различных режимах, напорный бак 1, емкость 6 с раствором красителя, подаваемого открытием краника по трубке во входное сечение трубы 2. Для измерения расхода воды в трубе 2 служит мерная емкость 5 и секундомер 7. Вода в напорный бак 1 подается по питающему трубопроводу. Для поддержания уровня воды в баке 1 во время опытов на постоянной отметке имеется переливное устройство. Температура воды в баке 1 измеряется термометром.

Регулирование расхода воды, а следовательно, и средней скорости её движения в трубе 2, осуществляется краном 4. На опытной трубе 2 имеются пьезометры 3 для определения потерь напора по длине h_l (по разности их показаний).

Порядок выполнения работ и обработка опытных данных

Опыт 1. Исследуем характер движения жидкости в трубе.

1. Открыть вентиль на трубопроводе и наполнить водой бак 1 настолько, чтобы переливное устройство начало работать.
2. Открыть незначительно кран 4 на опытной трубе 2, чтобы скорость движения воды в ней была небольшой (вода из трубы 2 должна течь тонкой струйкой).
3. Приоткрыть краник и подать из емкости 6 в трубу 2 небольшое количество раствора красителя, чтобы окрашенная струйка воды представляла собой отчетливо выраженную нить по всей длине трубы.
4. Измерить с помощью мерного сосуда 5 и секундомера 7 расход воды Q в трубе таким, чтобы время наполнения составляло не менее 20…30 секунд.
5. Измерить температуру воды в баке 3 термометром.
6. Результаты измерений записать в табл.1.
7. Увеличить открытием крана 4 скорость движения воды в трубе 2, но так, чтобы окрашенная струйка жидкости сохранялась, т. е. чтобы режим остался ламинарным, и выполнив те же измерения, что и в первом опыте, записать их результаты в табл.1.
8. Дальнейшим увеличением открытия крана 4 создать в трубе 2 турбулентный режим (об этом будет свидетельствовать интенсивное перемешивание с водой раствора красителя, подачу которого следует увели-

в) повышенная (по сравнению с равномерным движением) пульсация скоростей и давлений; 7

г) изменение формы (переформирование) эпюр скоростей.

Местные потери напора при гидравлических расчетах вычисляют по формуле Вейсбаха:

$$h_{м} = \zeta \frac{\upsilon^2}{2g}, \qquad (3)$$

где ζ – безразмерный коэффициент, называемый ***коэффициентом местного сопротивления*;** υ – средняя скорость потока в сечении за местным сопротивлением, т. е. ниже по течению (если скорость υ, как исключение, принимается перед местным сопротивлением, это обязательно оговаривается).

Величина коэффициента

Содержание

Общие указания ...…….. 3
Перечень практических занятий (1 часть) ……..... 3
Практическое занятие 1 …...……..……. 4
Практическое занятие 2 ….…….....**.....** 7
Практическое занятие 3 ……..……..……... 10
Практическое занятие 4 ……..……... 19
Практическое занятие 5 …….. 23
Практическое занятие 6 …...……..……. 31
Практическое занятие