

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе  
по дисциплине  
«ГИДРАВЛИКА И ГИДРО- ПНЕВМОПРИВОД»  
для студентов, обучающихся по направлению  
«Инженерная механика» дневной и заочной форм обучения

Луганск 2007

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени ВЛАДИМИРА ДАЛЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к самостоятельной работе  
по дисциплине  
«ГИДРАВЛИКА И ГИДРО- ПНЕВМОПРИВОД»  
для студентов, обучающихся по направлению  
«Инженерная механика» дневной и заочной форм обучения

**УТВЕРЖДЕНО**

на заседании кафедры  
«Гидрогазодинамика»  
Протокол № 7 от 30.01.2007 г.

Луганск 2007

УДК.62.85

Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Гидравлика и гидро- пневмопривод» для студентов, обучающихся по направлению «Инженерная механика» дневной и заочной форм обучения / Сост: Г.А. Бажанов, А.В. Вялых, И.И. Соснов. - Луганск, Изд-во Восточноукр. Нац. Ун-та, 2007 г.- с. 28.

Содержат общие сведения по объемным гидроприводам, математические зависимости и последовательность расчетов основных параметров на заданном этапе работы объемного гидропривода в соответствии с исходными данными, приведенными в заданиях. Конкретные узлы гидропривода выбираются с использованием сведений, приведенных в приложениях.

Составители:

Г.А. Бажанов, к.т.н., доц.  
А.В. Вялых, доц.  
И.И. Соснов, к.т.н., доц.

Отв. за выпуск

Ю.И. Осенин, д.т.н., проф.

Рецензент

В.А. Витренко, д.т.н., проф.

## 1. Общие сведения

Объемный гидропривод (ОГП) предназначен для передачи энергии и преобразования движения посредством жидкости. В ОГП входят: гидромашины (насосы, гидродвигатели), гидроаппаратура (клапаны, распределители, регуляторы расхода и др.), вспомогательные устройства (гидробаки, фильтры, гидроаккумуляторы и др), гидролинии.

В ОГП поступательного движения используются в качестве гидродвигателей силовые гидроцилиндры, в ОГП вращательного движения применяются гидромоторы.

ОГП бывают: регулируемые и нерегулируемые, могут иметь схему циркуляции рабочей жидкости открытую, закрытую и полузакрытую. Наиболее часто применяется открытая схема циркуляции рабочей жидкости, характерная тем, что в основной контур циркуляции жидкости включен бак системы..

*Основными особенностями ОГП являются:*

- простое и надежное предохранения от перегрузок;
- простота преобразования вращательного движения в поступательное;
- бесступенчатое регулирование скорости (в т.ч. и на ходу) в широких пределах;
- свобода компоновки узлов
- возможность получения больших усилий длительное время при скорости близкой или равной нулю.

ОГП широко применяются в станках, прессах, строительных и дорожных машинах, транспортных и сельхозмашинах, самолетах, и т.д. Основная рабочая жидкость - минеральное масло.

*Основными параметрами ОГП являются:*

мощность, крутящий момент, частота вращения валов насосов (входные параметры), мощность, нагрузка и скорость выходных звеньев ОГП (выходные параметры), коэффициент полезного действия.

*Некоторые основные соотношения:*

Входная мощность (на валу насоса)

$$N_{\text{вх}} = M_1 \cdot \omega_1 = \frac{P_H \cdot Q_H}{\eta_H}.$$

Выходная мощность:

- на валу гидромотора:

$$N_{\text{ВЫХ}} = M_1 \cdot \omega_2 .$$

- на штоке силового гидроцилиндра:

$$N_{\text{ВЫХ}} = G_2 \cdot V_2 .$$

Коэффициент полезного действия ОГП (КПД):

$$\eta = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{N_{\text{ВХ}}} ,$$

где  $M_1$  и  $M_2$  - крутящие моменты на валах насоса и гидромотора соответственно;

$G_2$  и  $V_2$  - нагрузка (усилие) и скорость штока силового гидроцилиндра соответственно;

$\omega_1$  и  $\omega_2$  - угловые скорости вращения валов насоса и гидромотора соответственно.

При оценке (исследованиях) ОГП используются следующие основные его характеристики:

- нагрузочная:  $\omega_2 = f(M_2)$  или  $V_2 = f(G_2)$ ;
- регулировочная:  $\omega_2 = f(x)$  или  $V_2 = f(x)$ ,

где  $x$  - параметр регулирования;

- мощностная:  $N_{\text{ВХ}} = f(M_2)$  или  $N_{\text{ВХ}} = f(G_2)$ ;
- экономическая (КПД):  $\eta = f(M_2)$  или  $\eta = f(G_2)$ ;

Важными параметрами ОГП являются также потери энергии и тепловыделение системы.

Контрольное задание выполняется на листах формата А4 и должно содержать:

- титульный лист (пример оформления титульного листа приведен в конце методических указаний.), реферат, содержание, исходные данные, гидравлическую схему, расчет параметров, в котором должны быть приведены формулы, числовые значения, входящие в них, результаты расчета;

- перечень выбранных узлов гидропривода с указанием значений их основных параметров;

- выводы по результатам, полученным при выполнении контрольного задания;

- в конце работы приводится список использованной литературы.

## 2. Исходные данные к заданиям

Рассчитываются основные параметры работы гидропривода, гидравлическая схема которого показана на рис. 1.

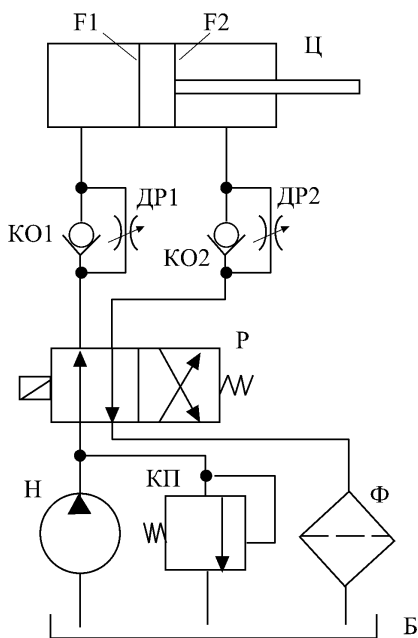


Рис. 1. Схема ОГП гидравлическая

ОГП работает следующим образом. Насос Н нагнетает рабочую жидкость через распределитель Р и обратный клапан КО1 или КО2 в рабочую полость гидроцилиндра Ц (поршневую или штоковую).

Из не рабочей полости поршень вытесняет жидкость через дроссель ДР2 или ДР1, распределитель Р и фильтр Ф на слив в бак Б.

В зависимости от положения распределителя, рабочей полостью гидроцилиндра становится то поршневая, то штоковая и соответственно поршень со штоком движутся вправо или влево (см. рис.1).

Часть жидкости, подаваемой насосом Н, может переливаться в

бак Б через клапан предохранительный КП.

Таблица 1

Варианты исходных данных

| Вариант<br>(две<br>последние<br>цифры номера<br>зачетной<br>книжки) |    | Усилие на штоке |              |                    | Скорость<br>штока V,<br>м/с | Приведенная<br>длина<br>трубопровода,<br>м |                 |
|---|----|-----------------|--------------|--------------------|-----------------------------|--|-----------------|
|   |    | Тол-<br>кающее  | Тяну-<br>щее | G <sub>2</sub> , Н |                             | L <sub>н</sub>                             | L <sub>сл</sub> |
| 1   | 2  | 3               | 4            | 5                  | 6                           | 7  |                 |
| 01  | 51 | +               |              | 1260               | 0,50                        | 12   | 10              |
| 02  | 52 | +               |              | 4550               | 0,40                        | 10   | 9               |
| 03  | 53 | +               |              | 6160               | 0,37                        | 14   | 8               |
| 04  | 54 |                 | +            | 4480               | 0,50                        | 11   | 7               |
| 05  | 55 |                 | +            | 6160               | 0,36                        | 13   | 11              |
| 06  | 56 |                 | +            | 7280               | 0,44                        | 12   | 10              |
| 07  | 57 | +               |              | 7700               | 0,25                        | 12   | 12              |
| 08  | 58 | +               |              | 12600              | 0,18                        | 10   | 8               |
| 09  | 59 | +               |              | 16660              | 0,22                        | 9  | 13              |
| 10  | 60 |                 | +            | 14700              | 0,24                        | 10   | 12              |
| 11  | 61 |                 | +            | 25060              | 0,29                        | 11   | 6               |
| 12  | 62 |                 | +            | 44030              | 0,17                        | 9  | 11              |
| 13  | 63 | +               |              | 31500              | 0,12                        | 8  | 10              |
| 14  | 64 | +               |              | 51100              | 0,14                        | 7  | 6               |
| 15  | 65 | +               |              | 84000              | 0,09                        | 10   | 12              |
| 16  | 66 |                 | +            | 16800              | 0,34                        | 9  | 10              |
| 17  | 67 |                 | +            | 21000              | 0,56                        | 10   | 8               |
| 18  | 68 |                 | +            | 31080              | 0,38                        | 8  | 8               |
| 19  | 69 | +               |              | 33600              | 0,17                        | 9  | 13              |
| 20  | 70 | +               |              | 41300              | 0,28                        | 10   | 9               |
| 21  | 71 | +               |              | 81200              | 0,14                        | 7  | 6               |
| 22  | 72 |                 | +            | 4410               | 0,30                        | 13   | 12              |
| 23  | 73 |                 | +            | 7000               | 0,47                        | 12   | 11              |
| 24  | 74 |                 | +            | 9100               | 0,48                        | 11   | 10              |
| 25  | 75 | +               |              | 5740               | 0,22                        | 13   | 9               |
| 26  | 76 | +               |              | 9100               | 0,36                        | 12   | 8               |
| 27  | 77 | +               |              | 12600              | 0,35                        | 10   | 11              |
| 28  | 78 |                 | +            | 17500              | 0,29                        | 10   | 12              |

Продолжение таб. 1

| 1  | 2  | 3 | 4 | 5      | 6    | 7  |    |
|----|----|---|---|--------|------|----|----|
| 29 | 79 |   | + | 28000  | 0,24 | 9  | 8  |
| 30 | 80 |   | + | 31150  | 0,29 | 10 | 9  |
| 31 | 81 | + |   | 23800  | 0,22 | 8  | 7  |
| 32 | 82 | + |   | 36400  | 0,18 | 8  | 10 |
| 33 | 83 | + |   | 42350  | 0,22 | 7  | 8  |
| 34 | 84 |   | + | 49000  | 0,23 | 8  | 8  |
| 35 | 85 |   | + | 60200  | 0,30 | 7  | 5  |
| 36 | 86 |   | + | 17500  | 0,37 | 10 | 11 |
| 37 | 87 | + |   | 64400  | 0,17 | 8  | 9  |
| 38 | 88 | + |   | 102200 | 0,18 | 7  | 10 |
| 39 | 89 | + |   | 84000  | 0,09 | 9  | 8  |
| 40 | 90 |   | + | 25900  | 0,36 | 11 | 10 |
| 41 | 91 |   | + | 4550   | 0,40 | 14 | 13 |
| 42 | 92 |   | + | 6160   | 0,37 | 13 | 12 |
| 43 | 93 | + |   | 23800  | 0,28 | 12 | 11 |
| 44 | 94 | + |   | 42350  | 0,22 | 10 | 11 |
| 45 | 95 | + |   | 64400  | 0,17 | 9  | 8  |
| 46 | 96 |   | + | 1260   | 0,50 | 13 | 12 |
| 47 | 97 |   | + | 14700  | 0,24 | 10 | 11 |
| 48 | 98 |   | + | 25060  | 0,28 | 9  | 10 |
| 49 | 99 | + |   | 31500  | 0,12 | 10 | 8  |
| 50 | 00 | + |   | 51100  | 0,14 | 8  | 7  |

### 3. Расчет основных параметров ОГП

Цель: в результате расчета параметров заданного этапа цикла работы ОГП определяются: давление и расходы рабочей жидкости в системе, выбираются узлы ОГП (используя материалы приложений), рассчитываются мощность и КПД гидропривода, схема которого показана на рис. 1.

**3.1.** По заданной величине и характеру усилия на штоке выбирается гидроцилиндр (см. приложения). Рассчитываются максимальная площадь поршня  $F_1$  и площадь поршня в штоковой полости  $F_2$ :

$$F_1 = \pi \cdot D^2 / 4; \quad F_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4,$$



где  $D$  и  $d$  - диаметр поршня и диаметр штока соответственно.

В заданном режиме работы активная площадь поршня, на которую воздействует давление нагнетания:

$F_{\text{акт}} = F_1$  - при толкающем усилии в гидроцилиндре с односторонним штоком.

$F_{\text{акт}} = F_2$  - при тянущем усилии в гидроцилиндре любой конструкции или при толкающем усилии в гидроцилиндре с двухсторонним штоком одинакового диаметра.

Площадь поршня в сливной полости, из которой рабочая жидкость вытесняется в линию низкого давления:

$F_{\text{сл}} = F_1$  - при тянущем усилии в гидроцилиндре с односторонним штоком.

$F_{\text{сл}} = F_2$  - в гидроцилиндре с двухсторонним штоком одинакового диаметра.

**3.2.** Ориентировочное давление на выходе насоса, необходимое для создания заданного усилия  $G_2$  и преодоления сопротивления гидросистемы:

$$p'_n = K_p \frac{G_2}{F_{\text{акт}}},$$

где  $K_p = 1,2 \dots 2,0$  для несложных систем.

**3.3.** Ориентировочная подача насоса:

$$Q'_n = Q_{\text{акт}} = K_Q \cdot F_{\text{акт}} \cdot V,$$

где  $V$  - скорость штока гидроцилиндра (см. исходные данные);

$K_Q = 1,1 \dots 1,2$ .

Используя полученное значение подачи  $Q_{\text{акт}}$ , из приложения выбирается насос (шестеренный, пластинчатый или аксиально-поршневой), имеющий номинальную подачу  $Q_n \geq Q_{\text{акт}}$  и номинальное давление  $p_n \geq p'_n$ .

Определяется расход жидкости в сливной гидросистеме при

использовании гидроцилиндра с односторонним штоком:

$$Q_{\text{сл}} = Q_{\text{акт}} \cdot K_{\text{ц}},$$

$$\text{где } K_{\text{ц}} = \begin{cases} \frac{D^2 - d^2}{D^2} & \text{— при толкающем усилии,} \\ \frac{D^2}{D^2 - d^2} & \text{— при тянущем усилии.} \end{cases}$$

Затем выбирается гидроаппаратура (также из приложения) для системы ОГП, гидросхема которого показана на рис. 1. При этом:

- клапан предохранительный должен иметь номинальное давление и расход не менее номинального давления  $p_n$  и номинальной подачи  $Q_n$  выбранного насоса;
- фильтр выбирается с учетом величины давления в сливной линии и среднего расхода, равного:  $0,5 \cdot (Q_{\text{акт}} + Q_{\text{сл}})$ ;
- клапаны обратные, распределитель и дроссели должны иметь номинальное давление не менее  $p'_n$  и расход около:  $0,5 \cdot (Q_{\text{акт}} + Q_{\text{сл}})$ ;

**3.4.** Определяется расчетное значение диаметра трубопроводов системы:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{тр}}}{\pi \cdot V_{\text{тр}}}},$$

где  $Q_{\text{тр}} = 0,5 \cdot (Q_{\text{акт}} + Q_{\text{сл}})$  - расчетный расход жидкости в трубопроводе;

$V_{\text{тр}}$  - скорость жидкости в трубопроводе, которая выбирается из таблицы приложения, в зависимости от величины давления  $p'_n$ .

Выбирается трубопровод со стандартным условным проходом  $D_y \geq d_{\text{тр}}$  (см. таблицу в приложении).

**3.5.** Рассчитываются скорости жидкости в нагнетательном ( $V_{\text{тр акт}}$ ) и сливном трубопроводах ( $V_{\text{тр сл}}$ ):

$$V_{\text{тр акт}} = \frac{4 \cdot Q_{\text{акт}}}{\pi \cdot D_y^2}; \quad V_{\text{тр сл}} = \frac{4 \cdot Q_{\text{сл}}}{\pi \cdot D_y^2}.$$

**3.6.** Рассчитываются числа Рейнольдса для потоков в нагнетательном и сливном трубопроводах соответственно:

$$\text{Re}_{\text{акт}} = \frac{V_{\text{тр акт}} \cdot D_y}{\nu}; \quad \text{Re}_{\text{сл}} = \frac{V_{\text{тр сл}} \cdot D_y}{\nu},$$

где  $\nu$  - коэффициент кинематической вязкости рабочей жидкости. Его можно принять равным  $20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .

**3.7.** Определяются коэффициенты гидравлического трения в нагнетательном и сливном трубопроводах:

$$\lambda = \begin{cases} \frac{75}{\text{Re}}, & \text{— при } \text{Re} < 2320, \\ \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} & \text{— при } 2320 \leq \text{Re} < 1 \cdot 10^5. \end{cases}$$

**3.8.** Потери давления на трение в нагнетательном и сливном трубопроводах соответственно:

$$\Delta p_{\text{акт}} = \rho \cdot \lambda_{\text{акт}} \cdot \frac{L_{\text{н}}}{D_y} \cdot \frac{V_{\text{тр акт}}^2}{2},$$

$$\Delta p_{\text{сл}} = \rho \cdot \lambda_{\text{сл}} \cdot \frac{L_{\text{сл}}}{D_y} \cdot \frac{V_{\text{тр сл}}^2}{2},$$

где  $\rho$  - плотность рабочей жидкости, ее можно принять равной  $890 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

$L_{\text{н}}$ ,  $L_{\text{сл}}$  - приведенные длины трубопроводов нагнетания и слива (см. таблицу с исходными данными).

**3.9.** Определяем коэффициенты сопротивления каждого узла гидроаппаратуры:

$$K_{\text{ап}} = \frac{\Delta p_{\text{н ап}}}{Q_{\text{н ап}}^2},$$

где  $\Delta p_{н\text{ ап}}$  - номинальный перепад давления на гидроаппарате при номинальном расходе гидроаппарата  $Q_{н\text{ ап}}$  (см. приложение).

Возникающий на гидроаппарате перепад давления (потери давления):

$$\Delta p_{\text{ап}} = K_{\text{ап}} \cdot Q_{\text{акт}}^2 - \text{при установке гидроаппарата в линии нагнетания,}$$

$$\Delta p_{\text{ап}} = K_{\text{ап}} \cdot Q_{\text{сл}}^2 - \text{при установке гидроаппарата в линии слива.}$$

**3.10.** Суммарные потери давления в нагнетательной и сливной системах:

$$\Delta p_{\text{сист}} = \Delta p_{\text{акт}} + \sum \Delta p_{\text{ап акт}} + K_{\text{ц}} \cdot (\Delta p_{\text{сл}} + \sum \Delta p_{\text{ап сл}}),$$

где  $\sum \Delta p_{\text{ап акт}}$  и  $\sum \Delta p_{\text{ап сл}}$  - суммарные потери давления на гидроаппаратах в нагнетательном и сливном трубопроводах соответственно.

**3.11.** Давление нагнетания на выходе из насоса на заданном этапе цикла работы ОГП:

$$p_{\text{н}}'' = \frac{G_2}{F_{\text{акт}} \cdot \eta_{\text{м}}} + \Delta p_{\text{сист}},$$

где  $\eta_{\text{м}}$  - механический КПД гидроцилиндра, его можно принять равным 0,95.

*При условии  $p_{\text{н}} < p_{\text{н}}''$  необходимо выбрать другой насос, а возможно другой гидроцилиндр и гидроаппаратуру и повторить расчет.*

**3.12.** Мощность ОГП на заданном этапе цикла его работы (входная мощность):

$$N_{\text{вх}} = \frac{p_{\text{н}}'' \cdot Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}},$$

где  $Q_n$  и  $\eta_n$  - подача насоса и его КПД (см. приложение).

Полезная (выходная) мощность ОГП ( $N_{\text{вых}}$ ) и КПД ( $\eta$ ) на заданном этапе цикла его работы:

$$N_{\text{вых}} = G_2 \cdot V; \quad \eta = N_{\text{вых}} / N_{\text{вх}} .$$

#### 4. Пример расчета ОГП

Таблица 2

Исходные данные

| Усилие на штоке |         |           | Скорость штока $V$ , м/с | Приведенная длина трубопровода, м |          |
|-----------------|---------|-----------|--------------------------|-----------------------------------|----------|
| Толкающее       | Тянущее | $G_2$ , Н |                          | $L_n$                             | $L_{сл}$ |
|                 | +       | 32900     | 0,38                     | 10                                | 8        |

**4.1.** По заданной величине и характеру усилия на штоке выбирается гидроцилиндр (см. приложения) ОН 22-176-69 1.2-80 со следующими характеристиками:

$$D = 80 \text{ мм} = 0,08 \text{ м}; \quad d = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м};$$

номинальное давление:  $P_n = 16 \text{ МПа}$ ;  
 максимальное давление:  $P_{\text{max}} = 20 \text{ МПа}$ ;  
 номинальное тянущее усилие:  $G_2 = 33,6 \text{ кН}$ .

Максимальная площадь поршня  $F_1$  и площадь поршня в штоковой полости  $F_2$ :

$$F_1 = \pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 0,08^2 / 4 = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

$$F_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = \pi \cdot (0,08^2 - 0,05^2) / 4 = 3,06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

В заданном режиме работы активная площадь поршня, на которую воздействует давление нагнетания:

$$F_{\text{акт}} = F_2 = 3,06 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площадь поршня в сливной полости, из которой рабочая жидкость вытесняется в полость низкого давления:

$$F_{\text{сл}} = F_1 = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

**4.2.** Ориентировочное давление на выходе насоса, необходимое для создания заданного усилия  $G_2$  и преодоления сопротивления гидросистемы:

$$p'_n = K_p \frac{G_2}{F_{\text{акт}}} = 1,4 \cdot \frac{32900}{3,06 \cdot 10^{-3}} = 15,5 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

где принимаем  $K_p = 1,4$ .

**4.3.** Ориентировочная подача насоса:

$$Q'_n = Q_{\text{акт}} = K_Q \cdot F_{\text{акт}} \cdot V = 1,1 \cdot 3,06 \cdot 10^{-3} \cdot 0,38 = 1,29 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 77,4 \text{ л/мин},$$

где принимаем  $K_Q = 1,1$ .

Используя полученное значение подачи  $Q_{\text{акт}}$ , из приложения выбирается насос имеющий номинальную подачу  $Q_n \geq Q_{\text{акт}}$  и номинальное давление  $p_n \geq p'_n$ . Этим требованиям удовлетворяет аксиально-поршневой насос - НАР 63/200, со следующими характеристиками:

номинальная подача:  $Q_n = 89 \text{ л/мин} = 1,48 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ;

номинальное давление нагнетания:  $p_n = 20 \text{ МПа}$ ;

КПД насоса:  $\eta_n = 0,89$ .

Определяем расход жидкости в сливной гидросистеме при тянущем усилии на гидроцилиндре:

$$Q_{\text{сл}} = Q_{\text{акт}} \cdot K_{\text{ц}} = Q_{\text{акт}} \cdot \frac{D^2}{D^2 - d^2} = 0,00129 \cdot \frac{0,08^2}{0,08^2 - 0,05^2} = 2,12 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Здесь  $K_{\text{ц}} = 1,64$ .

Расчетный расход жидкости в трубопроводе:

$$Q_{\text{тр}} = 0,5 \cdot (Q_{\text{акт}} + Q_{\text{сл}}) = 0,5 \cdot (1,29 + 2,12) \cdot 10^{-3} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 102 \text{ л/мин}.$$

Используя полученные выше значения, выбираем гидроаппаратуру для системы ОГП, гидросхема которого показана на рис. 1.:

*Распределитель (Р):* Р203,  
номинальный расход:  $Q_n = 160 \text{ л/мин} = 0,00267 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
номинальное рабочее давление:  $p_n = 20 \text{ МПа}$ ;  
перепад давления  $\Delta p = 0,3 \text{ МПа}$ .

*Фильтр (Ф):* 0,16 С42 - 54,  
номинальный расход:  $Q_n = 100 \text{ л/мин} = 0,0017 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  
перепад давления  $\Delta p = 0,1 \text{ МПа}$ ;  
номинальное рабочее давление:  $p_n = 0,63 \text{ МПа}$ ;  
тонкость фильтрации  $\delta = 160 \text{ мкм}$ .

*Дроссели (ДР1, 2):* Г77 - 16,  
номинальный расход:  $Q_n = 110 \text{ л/мин} = 0,0018 \text{ м}^3/\text{с}$ ;;  
номинальное рабочее давление:  $p_n = 20 \text{ МПа}$ ;  
перепад давления  $\Delta p = 0,6 \text{ МПа}$ .

*Клапаны обратные (КО1, 2):* Г 51 - 34,  
номинальный расход:  $Q_n = 125 \text{ л/мин} = 0,0021 \text{ м}^3/\text{с}$ ;;  
номинальное рабочее давление:  $p_n = 20 \text{ МПа}$ ;  
перепад давления  $\Delta p = 0,25 \text{ МПа}$ .

*Клапан предохранительный (КП):* 20-200-2-2,  
номинальный расход:  $Q_n = 100 \text{ л/мин}$ ;  
номинальное давление настройки:  $p_n = 1 \dots 20 \text{ МПа}$ .

4.4. Определяем расчетное значение диаметра трубопроводов системы:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{тр}}}{\pi \cdot V_{\text{тр}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,7 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 5}} = 0,0208 \text{ м},$$

где  $V_{\text{тр}} = 5 \text{ м/с}$  - скорость жидкости в трубопроводе (см. приложение).

Выбираем трубопровод со стандартным значением условного прохода при условии:  $D_y \geq d_{тр}$ . В нашем случае  $D_y = 0,02$  м.

**4.5.** Рассчитываем скорости жидкости в нагнетательном ( $V_{тр\text{ акт}}$ ) и сливном трубопроводах ( $V_{тр\text{ сл}}$ ):

$$V_{тр\text{ акт}} = \frac{4 \cdot Q_{акт}}{\pi \cdot D_y^2} = \frac{4 \cdot 1,29 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,02^2} = 4,1 \text{ м/с};$$

$$V_{тр\text{ сл}} = \frac{4 \cdot Q_{сл}}{\pi \cdot D_y^2} = \frac{4 \cdot 2,19 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,02^2} = 6,75 \text{ м/с}.$$

**4.6.** Рассчитываем числа Рейнольдса для потоков в нагнетательном и сливном трубопроводах соответственно:

$$Re_{акт} = \frac{V_{тр\text{ акт}} \cdot D_y}{\nu} = \frac{4,1 \cdot 0,02}{20 \cdot 10^{-6}} = 4100;$$

$$Re_{сл} = \frac{V_{тр\text{ сл}} \cdot D_y}{\nu} = \frac{6,75 \cdot 0,02}{20 \cdot 10^{-6}} = 6750,$$

где  $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с - коэффициент кинематической вязкости рабочей жидкости.

**4.7.** Определяем коэффициенты гидравлического трения в нагнетательном ( $\lambda_{акт}$ ) и сливном ( $\lambda_{сл}$ ) трубопроводах, для случая, когда  $2320 < Re < 1 \cdot 10^5$ :

$$\lambda_{акт} = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{4100^{0,25}} = 0,0395;$$

$$\lambda_{сл} = \frac{0,316}{Re^{0,25}} = \frac{0,316}{6750^{0,25}} = 0,0349.$$

**4.8.** Потери давления на трение в нагнетательном и сливном трубопроводах соответственно:



$$\Delta p_{\text{акт}} = \rho \cdot \lambda_{\text{акт}} \cdot \frac{L_{\text{н}}}{D_{\text{y}}} \cdot \frac{V_{\text{тр акт}}^2}{2} = 890 \cdot 0,0395 \cdot \frac{10}{0,02} \cdot \frac{4,1^2}{2} = 0,148 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\Delta p_{\text{сл}} = \rho \cdot \lambda_{\text{сл}} \cdot \frac{L_{\text{сл}}}{D_{\text{y}}} \cdot \frac{V_{\text{тр акт}}^2}{2} = 890 \cdot 0,0349 \cdot \frac{8}{0,02} \cdot \frac{6,75^2}{2} = 0,283 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

где  $\rho = 890 \text{ кг/м}^3$  - плотность рабочей жидкости;

$L_{\text{н}} = 10 \text{ м}$ ,  $L_{\text{сл}} = 8 \text{ м}$  - приведенные длины трубопроводов нагнетания и слива (см. таблицу с исходными данными).

**4.9.** Определяем коэффициенты сопротивления каждого узла гидроаппаратуры, используя значения номинального расхода и перепада давления для выбранной в п. 4.3. аппаратуры.

$$\text{Распределитель: } K_{\text{ап р}} = \frac{\Delta p_{\text{н р}}}{Q_{\text{н р}}^2} = \frac{0,3 \cdot 10^6}{0,00267^2} = 0,42 \cdot 10^{11} \text{ кг/м}^7,$$

$$\text{Фильтр: } K_{\text{ап ф}} = \frac{\Delta p_{\text{н ф}}}{Q_{\text{н ф}}^2} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{0,0017^2} = 3,46 \cdot 10^{10} \text{ кг/м}^7,$$

$$\text{Дроссель: } K_{\text{ап д}} = \frac{\Delta p_{\text{н д}}}{Q_{\text{н д}}^2} = \frac{0,6 \cdot 10^6}{0,0018^2} = 1,85 \cdot 10^{11} \text{ кг/м}^7,$$

$$\text{Обратный клапан: } K_{\text{ап ко}} = \frac{\Delta p_{\text{н ко}}}{Q_{\text{н ко}}^2} = \frac{0,25 \cdot 10^6}{0,0021^2} = 0,57 \cdot 10^{11} \text{ кг/м}^7.$$

Определяем возникающий на гидроаппарате перепад давления (потери давления).

Для линии нагнетания.

$$\text{Распределитель: } \Delta p_{\text{ап р}} = K_{\text{ап р}} \cdot Q_{\text{акт}}^2 = 0,42 \cdot 10^{11} \cdot (1,29 \cdot 10^{-3})^2 = 0,7 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

$$\text{Обратный клапан (КО2): } \Delta p_{\text{ап ко}} = K_{\text{ап ко}} \cdot Q_{\text{акт}}^2 = 0,57 \cdot 10^{11} \cdot (1,29 \cdot 10^{-3})^2 = 0,95 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Для линии слива.

$$\text{Распределитель: } \Delta p_{\text{ан р}} = K_{\text{ан р}} \cdot Q_{\text{сл}}^2 = 0,42 \cdot 10^{11} \cdot (2,12 \cdot 10^{-3})^2 = 1,89 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$\text{Дроссель (ДР1): } \Delta p_{\text{ан д}} = K_{\text{ан д}} \cdot Q_{\text{сл}}^2 = 1,85 \cdot 10^{11} \cdot (2,12 \cdot 10^{-3})^2 = 8,31 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

$$\text{Фильтр: } \Delta p_{\text{ан ф}} = K_{\text{ан ф}} \cdot Q_{\text{сл}}^2 = 3,46 \cdot 10^{10} \cdot (2,12 \cdot 10^{-3})^2 = 1,56 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

**4.10.** Суммарные потери давления в нагнетательной и сливной системах.

Суммарные потери давления на гидроаппаратах в нагнетательном трубопроводе (см. п. 4.9):

$$\sum \Delta p_{\text{ан акт}} = 0,7 \cdot 10^5 + 0,95 \cdot 10^5 = 1,65 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Суммарные потери давления на гидроаппаратах в сливном трубопроводе:

$$\sum \Delta p_{\text{ан сл}} = 1,89 \cdot 10^5 + 8,31 \cdot 10^5 + 1,56 \cdot 10^5 = 11,76 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Тогда суммарные потери давления в нагнетательной и сливной системах:

$$\begin{aligned} \Delta p_{\text{сист}} &= \Delta p_{\text{акт}} + \sum \Delta p_{\text{ан акт}} + K_{\text{ц}} \cdot (\Delta p_{\text{сл}} + \sum \Delta p_{\text{ан сл}}) = \\ &= 1,48 \cdot 10^5 + 1,65 \cdot 10^5 + 1,64 \cdot (2,83 \cdot 10^5 + 11,76 \cdot 10^5) = 2,71 \cdot 10^6 \text{ Па.} \end{aligned}$$

**4.11.** Давление нагнетания на выходе из насоса на заданном этапе цикла работы ОГП:

$$p_{\text{н}}'' = \frac{G_2}{F_{\text{акт}} \cdot \eta_{\text{м}}} + \Delta p_{\text{сист}} = \frac{32900}{3,06 \cdot 10^{-3} \cdot 0,95} + 2,71 \cdot 10^6 = 14,03 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Поскольку  $p_{\text{н}} = 16 \text{ МПа} > p_{\text{н}}'' = 14,03 \text{ МПа}$ , то насос и другие узлы гидроаппаратуры выбраны правильно. Следовательно, расчет можно продолжить.

**4.12.** Мощность ОГП на заданном этапе цикла его работы (входная мощность):

$$N_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{н}}'' \cdot Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}}} = \frac{14,03 \cdot 10^6 \cdot 1,48 \cdot 10^{-3}}{0,89} = 23,33 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

Полезная (выходная) мощность ОГП ( $N_{\text{вых}}$ ) и КПД ( $\eta$ ) на заданном этапе цикла его работы:

$$N_{\text{вых}} = G_2 \cdot V = 32900 \cdot 0,38 = 12,5 \cdot 10^3 \text{ Вт};$$

$$\eta = N_{\text{вых}} / N_{\text{вх}} = 12,5 / 23,33 = 0,54.$$

## Приложения

Таблица 3

Силловые гидроцилиндры (с односторонним штоком)

| Типоразмер  | Параметры   |                    |       |       |                  |                  |
|-------------|---|--------------------|-------|-------|------------------|------------------|
|             | $P_H$ ,<br>МПа  | $P_{max}$ ,<br>МПа | D, мм | d, мм | $G_2$ тян.,<br>Н | $G_2$ тол.,<br>Н |
|             | Поддачи силовых столов агрегатных станков                   |                    |       |       |                  |                  |
| УН47-12-04  | 6,3   | 8,0                | 55    | 36    | 5810             | 10220            |
| УН47-13-04  | 6,3   | 8,0                | 70    | 50    | 8085             | 16590            |
| УН47-14-03  | 6,3   | 8,0                | 80    | 60    | 9450             | 21700            |
| УН47-15-04  | 6,3   | 8,0                | 110   | 80    | 19320            | 41160            |
| УН47-16-05  | 6,3   | 8,0                | 140   | 100   | 32550            | 66500            |
| УН47-17-05  | 6,3   | 8,0                | 180   | 125   | 57260            | 109760           |
|             | Поршневые с подводом жидкости через крышки<br>ОСТ2 121-2-73 |                    |       |       |                  |                  |
| 142-90x63   | 10  | 15                 | 90    | 63    | 22638            | 43631            |
| 142-100x70  | 10  | 15                 | 100   | 70    | 27440            | 53851            |
| 222-140x110 | 10  | 15                 | 140   | 110   | 40404            | 105630           |
|             | Поршневые ОН 22-176-69                                      |                    |       |       |                  |                  |
| 1.2-80      | 16  | 20                 | 80    | 50    | 33600            | 55566            |
| 2.1-80      | 16  | 20                 | 80    | 40    | 41160            | 55566            |
| 2.1-100     | 16  | 20                 | 100   | 50    | 64470            | 86436            |
| 2.2-125     | 16  | 20                 | 125   | 80    | 78890            | 134456           |

Обозначения:

$P_H$  и  $P_{max}$  - номинальное и максимальное рабочее давление соответственно;

D и d - диаметры поршня и штока соответственно;

$G_2$  тол., и  $G_2$  тян., - усилия на штоке толкающее и тянущее соответственно.

## Насосы

| Типоразмер          | Параметры              |                      |      |
|---------------------|------------------------|----------------------|------|
|                     | Q <sub>н</sub> , л/мин | P <sub>н</sub> , МПа | η    |
| Шестеренные         |                        |                      |      |
| Г11-23А             | 26                     | 2,5                  | 0,64 |
| Г11-23              | 38                     | 2,5                  | 0,68 |
| Г11-24А             | 50                     | 2,5                  | 0,72 |
| Г11-24              | 72                     | 2,5                  | 0,74 |
| Г11-25А             | 104                    | 2,5                  | 0,76 |
| Г11-25              | 133                    | 2,5                  | 0,77 |
| Пластинчатые        |                        |                      |      |
| Г12-24АМ            | 5                      | 6,3                  | 0,8  |
| Г12-24М             | 70                     | 6,3                  | 0,82 |
| Г12-25АМ            | 100                    | 6,3                  | 0,85 |
| Г12-25М             | 140                    | 6,3                  | 0,86 |
| Г12-26АМ            | 200                    | 6,3                  | 0,87 |
| БГ12-23АМ           | 25,5                   | 12,5                 | 0,75 |
| БГ12-23М            | 33                     | 12,5                 | 0,80 |
| БГ12-24АМ           | 56                     | 12,5                 | 0,76 |
| БГ12-25АМ           | 102                    | 12,5                 | 0,85 |
| Аксиально-поршневые |                        |                      |      |
| НАР18/200           | 25                     | 20                   | 0,87 |
| НАР40/200           | 56,5                   | 20                   | 0,88 |
| НАР63/200           | 89                     | 20                   | 0,89 |
| НАР71/200           | 100                    | 20                   | 0,89 |
| НАР125/200          | 178                    | 20                   | 0,9  |
| НАР140/200          | 200                    | 20                   | 0,9  |
| МНА 40/250          | 55                     | 25                   | 0,92 |
| МН 250/100          | 245                    | 10                   | 0,92 |
| Г13-35А             | 100                    | 16                   | 0,88 |
| 2Г13-36А            | 200                    | 16                   | 0,88 |

Обозначения:

Q<sub>н</sub> и P<sub>н</sub> - номинальные подача и давление насоса соответственно;

η<sub>н</sub> - КПД насоса.

Таблица 5

Распределители золотниковые  
(Номинальное рабочее давление  $P_H = 20$  МПа)

| Типоразмер | $Q_H$ ,<br>л/мин | $\Delta P_H$ ,<br>МПа |
|------------|------------------|-----------------------|
| ПГ 73 - 11 | 8                | 0,2                   |
| В6         | 20               | 0,2                   |
| P102       | 40               | 0,3                   |
| ПГ 73 - 24 | 80               | 0,4                   |
| ПГ 73 - 25 | 160              | 0,4                   |
| P203       | 160              | 0,5                   |

Обозначения:

$\Delta P_H$  - перепад давления на аппарате при номинальном расходе  $Q_H$ .

Таблица 6

Клапаны предохранительные (переливные)

| Типоразмер    |            | Параметры     |             |
|---------------|------------|---------------|-------------|
|               |            | $Q_H$ , л/мин | $P_H$ , МПа |
| АГ 52-22      |            | 20            | 1-10        |
| Г 52-23       |            | 40            | 0,3-6,3     |
| Г 52-24       |            | 80            | 0,3-6,3     |
| АГ 52-24      |            | 80            | 1-10        |
| БГ 52-24      |            | 80            | 2-20        |
| Г 52-25       |            | 160           | 0,3-6,3     |
| АГ 52-25      |            | 160           | 1-10        |
| БГ 52-25      |            | 160           | 2-20        |
| ГОСТ 21148-75 | 10-100-2-2 | 40            | 0,3-10      |
|               | 10-200-2-2 | 40            | 1-20        |
|               | 20-100-2-2 | 100           | 0,3-10      |
|               | 20-200-2-2 | 100           | 1-20        |
|               | 32-100-2-2 | 250           | 0,3-10      |
|               | 32-200-2-2 | 250           | 1-20        |

Обозначения:

$Q_H$  и  $P_H$  - номинальные расход и давление настройки соответственно.

Таблица 7

Параметры фильтров

| Типоразмер                       | Параметры     |             |                |                    |
|----------------------------------|---------------|-------------|----------------|--------------------|
|                                  | $Q_H$ , л/мин | $P_H$ , МПа | $\delta$ , мкм | $\Delta P_H$ , МПа |
| Фильтры щелевые по ГОСТ 21329-75 |               |             |                |                    |
| 0,08 Г41-11-3                    | 16            | 6,3         | 80             | 0,1                |
| 0,08 Г41-11-4                    | 32            | 6,3         | 80             | 0,1                |
| 0,08 Г41-12-3                    | 25            | 6,3         | 80             | 0,1                |
| 0,08 Г41-12-4                    | 50            | 6,3         | 80             | 0,1                |
| Фильтры сливных линий            |               |             |                |                    |
| ФС 50-25                         | 50            | 0,63        | 25             | 0,1                |
| ФС 50-40                         | 50            | 0,63        | 40             | 0,1                |
| ФС 200-25                        | 200           | 0,63        | 25             | 0,1                |
| ФС 200-40                        | 200           | 0,63        | 40             | 0,1                |
| Фильтры сетчатые С42-5           |               |             |                |                    |
| 0,16 С42-52                      | 32            | 0,63        | 160            | 0,1                |
| 0,16 С42-53                      | 63            | 0,63        | 160            | 0,1                |
| 0,08 С42-53                      | 32            | 0,63        | 80             | 0,1                |
| 0,16 С42-54                      | 100           | 0,63        | 160            | 0,1                |
| 0,08 С42-54                      | 63            | 0,63        | 80             | 0,1                |
| 0,04 С42-54                      | 32            | 0,63        | 40             | 0,1                |

Обозначения:

$\Delta P_H$  - перепад давления на аппарате при номинальном расходе  $Q_H$ ;

$P_H$  - номинальное рабочее давление;

$\delta$  - номинальная тонкость фильтрации.

Таблица 8

## Дроссели

| Типоразмер | Параметры     |                   |             |                    |
|------------|---------------|-------------------|-------------|--------------------|
|            | $Q_n$ , л/мин | $Q_{max}$ , л/мин | $P_n$ , МПа | $\Delta p_n$ , МПа |
| Г 77 - 12  | 15            | 20                | 20          | 0,5                |
| Г 77 - 13  | 30            | 40                |             | 0,5                |
| Г 77 - 14  | 50            | 80                |             | 0,5                |
| Г 77 - 15  | 80            | 120               |             | 0,6                |
| Г 77 - 16  | 110           | 160               |             | 0,6                |

Обозначения:

$\Delta p_n$  - перепад давления на аппарате при номинальном расходе  $Q_n$ ;

$P_n$  - номинальное рабочее давление;

$Q_{max}$  - максимальный расход.

Таблица 9

## Клапаны обратные

| Типоразмер | Параметры     |                    |             |
|------------|---------------|--------------------|-------------|
|            | $Q_n$ , л/мин | $\Delta p_n$ , МПа | $P_n$ , МПа |
| Г 51 - 31  | 16            | 0,25               | 20          |
| Г 51 - 32  | 32            | 0,25               |             |
| ПГ 51 - 22 | 20            | 0,3                |             |
| Г 51 - 33  | 53            | 0,25               |             |
| Г 51 - 34  | 125           | 0,25               |             |
| ПГ 51 - 24 | 80            | 0,3                |             |
| Г 51 - 35  | 250           | 0,25               |             |

Обозначения:

$\Delta p_n$  - перепад давления на аппарате при номинальном расходе  $Q_n$ ;

$P_n$  - номинальное рабочее давление;



Таблица 10

Рекомендуемые скорости потоков рабочей жидкости в трубопроводах  
(рекомендации СЭВ РС 3644-72)

|                           |     |     |    |    |     |     |
|---------------------------|-----|-----|----|----|-----|-----|
| Номинальное давление, МПа | 2,5 | 6,3 | 16 | 32 | 63  | 100 |
| Скорость, м/с не более    | 2   | 3,2 | 4  | 5  | 6,3 | 10  |

Таблица 11

Условные проходы Ду (мм) (ГОСТ I65I6-80)

|   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 |
|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Министерство образования и науки Украины  
Восточноевропейский национальный университет  
имени Владимира Даля

кафедра “Гидрогазодинамика”

Расчетно–пояснительная записка  
к индивидуальному заданию по дисциплине  
“Гидравлика и гидро- пневмопривод”  
на тему: “Расчет гидропривода”

Выполнил студент: № группы, (Подпись) (Ф.И.О.)

Принял преподаватель: (Ф.И.О.)

Луганск 200\_

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федорец В. А. и др. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков: Учеб. пособие для ВУЗов / Под ред. В. А. Федорец. – К.: Виц. школа. Головное изд-во, 1987. – 376 с.
2. Свешников В. К., Усов А. А. Станочные гидроприводы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 464 с.
3. Вакина В. В. и др. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов: Учеб. пособие для ВТУЗов. – К.: Виц. школа. Головное изд-во, 1987. – 208 с.
4. Чупраков Ю. И. Гидропривод и средства гидроавтоматики.: Учеб. пособие для ВТУЗов. – М.: Машиностроение, 1979. – 232 с.
5. Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро – и пневмосистем: Учеб. пособие для ВУЗов. – М.: Машиностроение, 1987. – 464 с.

Учебное издание

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к самостоятельной работе  
по дисциплине  
«ГИДРАВЛИКА И ГИДРО- ПНЕВМОПРИВОД»  
для студентов, обучающихся по направлению  
«Инженерная механика» дневной и заочной форм обучения

**Составители:**

Бажанов Глеб Ананьевич  
Вялых Александр Васильевич  
Соснов Игорь Игоревич

**Редактор**

**Техн. редактор**

**Оригинал-макет**

Подписано в печать

Формат  $60 \times 84 \frac{1}{16}$ . Бумага типогр. Гарнитура Times.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 2.1. Уч.-изд. л. 2.5.

Тираж экз. Издат. № . Заказ № Цена договорная.

Издательство Восточноукраинского национального  
университета им. Владимира Даля

91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а

Адрес издательства: 91034, г. Луганск, кв. Молодежный, 20а

Телефон: 8 (0642) 41-34-12. Факс: 8 (0642) 41-31-60

E-mail: [uni@snu.edu.ua](mailto:uni@snu.edu.ua)