



УКРАЇНА

(19) UA (11) 24621 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 3/10
E02D 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ТРИВІСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ

1

2

(21) u200701227

(22) 05.02.2007

(24) 10.07.2007

(46) 10.07.2007, Бюл. № 10, 2007 р.

(72) Ратушняк Георгій Сергійович, Волошин Олександр Борисович

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Установа для тривісних досліджень ґрунтів, що містить розташовану всередині розбірного корпусу робочу камеру для зразка, виконану в вигляді куба зі стінками-штампами, які виконані жорсткими взаємно рухомими та підпружиненими відносно розбірного корпусу і зв'язаними за допомогою рухомих упорів зі штоками трьох гідроциліндрів, які розташовані на корпусі взаємно перпендикулярно і з'єднані з трьома незалежними гідросистемами, кожна з яких містить насосну установку та відгалуження статичного та динамічного навантаження, причому у відгалуженні статичного навантаження встановлений гідроаккумулятор, а відгалуження динамічного навантаження містить електрогидравлічний підсилювач, який має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу на узгоджувальному електронному блоці керування динамічним навантаженням, який має електричний зв'язок з електромеханічним перетворювачем електрогидравлічного підсилювача, а також вимірні прилади, виконані у вигляді манометрів та датчиків тиску і переміщення, електрично з'єднаних з узгоджувальним електронним блоком керування динамічним навантаженням, які є датчиками зворотного зв'язку відповідно за тиском в робочих порожнинах гідроциліндра та переміщенням його штока, яка **відрізняється** тим, що кожний гідроциліндр виконаний подвійним з утворенням гідроциліндрів статичного та динамічного навантаження, робочі порожнини яких сполучені відповідно з відгалуженнями статичного та динамічного навантаження окремо, крім того, відгалуження статичного навантаження містить дроселювальний гідророзподільник з узгоджувальним електронним блоком керування статичним навантаженням, середня позиція дроселювального гідророзподільника виконана за схемою "закритий центр та закритий злив", який має можливість забезпечувати на виході з нього

тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу на узгоджувальному електронному блоці керування статичним навантаженням, як гідроаккумулятор використаний пневмогідроаккумулятор, який з'єднаний з напірною гідролінією статичного навантаження, яка сполучена з виходом дроселювального гідророзподільника, через двопозиційний чотирилінійний гідророзподільник з електромагнітним керуванням, за допомогою якого пневмогідроаккумулятор має можливість почергового сполучення з підпоршневою робочою порожниною гідроциліндра статичного навантаження або із зливом, крім того, через дроселювальний гідророзподільник підпоршнева та штокова робочі порожнини гідроциліндра статичного навантаження мають можливість почергового з'єднання з напірною або зливною гідролініями відгалуження статичного навантаження, відгалуження статичного навантаження трьох незалежних гідросистем підключені до насосної установки статичного навантаження, відгалуження динамічного навантаження містить редукційний клапан, який встановлений в напірній гідролінії насосної установки, та коректувальні пристрої, виконані в вигляді електричних пропорційно-інтегрально-диференціювальних регуляторів, електрогидравлічний підсилювач підключений до напірної лінії редукційного клапана, крім того, стінки-штампи об'єднані розташованими в їх тілах датчиками напружень, які є датчиками зворотного зв'язку за напруженнями в зразку та електрично зв'язані з узгоджувальними електронними блоками керування статичним і динамічним навантаженням, пропорційно-інтегрально-диференціювальні регулятори встановлені в ланцюгах зворотного зв'язку відповідно між датчиками тиску, які встановлені в підпоршневих робочих порожнинах гідроциліндрів динамічного навантаження, датчиками переміщень, датчиками напружень та узгоджувальними електронними блоками керування динамічним навантаженням, крім того, датчики тиску, які є датчиками зворотного зв'язку, встановлені в робочих порожнинах гідроциліндрів статичного навантаження і електрично зв'язані з узгоджувальними електронними блоками керування статичним навантаженням.

UA (19) 24621 (11) (13) U

Корисна модель відноситься до техніки випробування матеріалів, а саме до пристроїв, призначених для випробувань зразків ґрунтів, будівельно-дорожніх матеріалів на деформування та міцність при різних режимах тривісного навантаження.

Відома установка для тривісних досліджень ґрунтів, що містить робочу камеру для зразка, який виконаний в вигляді кубу зі стінками-штампами, які виконані жорсткими взаємнорухомими та зв'язаними з трьома незалежними насосними установками, керівні та вимірювальні елементи, регульований дросель та гідронасос, а також генератор гідравлічних імпульсів, який виконаний в вигляді підпружиненого двоступінчастого зливного клапану, керівні елементи, які виконані в вигляді трьох підпружинених золотників з розточками [див. а. с. СРСР №1602166, G01N3/10, E02D1/02, 1989 р.].

Недоліком такого пристрою є неможливість створення статичного та динамічного навантаження, яке збільшується, зменшується, змінюється за складною траєкторією, а також обмежує можливість незалежно сполучати різні режими навантаження по трьох осях, в зв'язку з тим, що генератор коливань є спільним для трьох гідросистем.

Найбільш близьким за технічною суттю до запропонованого є установка для тривісних досліджень ґрунтів, що містить розташовану в середині розбірного корпусу робочу камеру для зразка, виконану в вигляді кубу зі стінками-штампами, які виконані жорсткими взаємнорухомими та підпружиненими відносно розбірного корпусу і зв'язаними за допомогою рухомих упорів зі штоками трьох гідроциліндрів, які розташовані на корпусі взаємно перпендикулярно і з'єднані з трьома незалежними гідросистемами, кожна з яких містить насосну установку та відгалуження статичного та динамічного навантаження, причому в відгалуженні статичного навантаження встановлений гідроаккумулятор, а відгалуження динамічного навантаження містить електрогідравлічний підсилювач, який має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу на узгоджувальному електронному блоці керування динамічним навантаженням, який має електричний зв'язок з електромеханічним перетворювачем електрогідравлічного підсилювача, а також вимірювальні прилади, виконані в вигляді манометрів та датчиків тиску і переміщення, електрично з'єднаних з узгоджувальним електронним блоком керування динамічним навантаженням, які є датчиками зворотного зв'язку відповідно за тиском в робочих порожнинах гідроциліндра та переміщенням його штоку, відгалуження статичного і динамічного навантаження кожної незалежної гідросистеми виконані з можливістю почергового сполучення з напірною гідролінійною насосною установкою і гідроциліндром [див. патент України №10570, G01N3/10, E02D1/02, 1996 р.].

Недоліками найближчого аналогу є: обмежені функціональні можливості, так як неможливо

окреме керування статичним та динамічним навантаженням зразка, який знаходиться в природних умовах під дією як динамічних, так й статичних навантажень, та створення різних режимів сполучень регульованих статичних та динамічних навантажень, також функціональні можливості пристрою обмежені його динамічними властивостями, які залежать від пружних, демпфівувальних та інших характеристик зразків матеріалів, які у різних зразків різні, що призводить в найближчому аналозі, який не має корекції динамічних властивостей пристрою, до виникнення неприпустимих коливань, статичних помилок регульованих величин, а також невеликої швидкодії регулювання, крім того, відсутність датчиків напружень із зворотним зв'язком за величиною напружень, які виникають в зразку, не забезпечує необхідної точності випробувань.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення такої установки для тривісних досліджень ґрунтів, в якій за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними досягається можливість розширення функціональних можливостей пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що в установці для тривісних досліджень ґрунтів, яка містить розташовану в середині розбірного корпусу робочу камеру для зразка, виконану в вигляді кубу зі стінками-штампами, які виконані жорсткими взаємнорухомими та підпружиненими відносно розбірного корпусу і зв'язаними за допомогою рухомих упорів зі штоками трьох гідроциліндрів, які розташовані на корпусі взаємноперпендикулярно і з'єднані з трьома незалежними гідросистемами, кожна з яких містить насосну установку та відгалуження статичного та динамічного навантаження, причому в відгалуженні статичного навантаження встановлений гідроаккумулятор, а відгалуження динамічного навантаження містить електрогідравлічний підсилювач, який має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу на узгоджувальному електронному блоці керування динамічним навантаженням, який має електричний зв'язок з електромеханічним перетворювачем електрогідравлічного підсилювача, а також вимірювальні прилади, виконані в вигляді манометрів та датчиків тиску і переміщення, електрично з'єднаних з узгоджувальним електронним блоком керування динамічним навантаженням, які є датчиками зворотного зв'язку відповідно за тиском в робочих порожнинах гідроциліндра та переміщенням його штоку, згідно з корисною моделлю, кожний гідроциліндр виконаний подвійним з утворенням гідроциліндрів статичного та динамічного навантаження, робочі порожнини яких сполучені відповідно з відгалуженнями статичного та динамічного навантаження окремо, крім того, відгалуження статичного навантаження містить дроселювальний гідророзподільник з узгоджувальним електронним блоком керування статичним навантаженням, середня позиція дросе-

лювального гідророзподільника виконана за схемою закритий центр та закритий злив, який має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу на узгоджувальному електронному блоці керування статичним навантаженням, в якості гідроакумулятора використано пневмогідроакумулятор, який з'єднаний з напірною гідролінією статичного навантаження, яка сполучена з виходом дроселювального гідророзподільника, через двопозиційний чотирилінійний гідророзподільник з електромагнітним керуванням, за допомогою якого пневмогідроакумулятор має можливість почергового сполучення з підпоршневою робочою порожниною гідроциліндра статичного навантаження або із зливом, крім того, через дроселювальний гідророзподільник підпоршнева та штокова робочі порожнини гідроциліндра статичного навантаження мають можливість почергового з'єднання з напірною або зливною гідролініями відгалуження статичного навантаження, відгалуження статичного навантаження трьох незалежних гідросистем підключені до насосної установки статичного навантаження, відгалуження динамічного навантаження містить редукційний клапан, який встановлений в напірній гідролінії насосної установки, та коректувальні пристрої, виконані в вигляді електричних пропорційно-інтегрально-диференціювальних регуляторів, електрогідралічний підсилювач підключений до напірної лінії редукційного клапану, крім того, стінки-штампи обладнані розташованими в їх тілах датчиками напружень, які є датчиками зворотного зв'язку за напруженнями в зразку, та електрично зв'язані з узгоджувальними електронними блоками керування статичним і динамічним навантаженням, пропорційно-штегально-диференціювальні регулятори встановлені в ланцюгах зворотного зв'язку відповідно між датчиками тиску, які встановлені в підпоршневих робочих порожнинах гідроциліндрів динамічного навантаження, датчиками переміщень, датчиками напружень та узгоджувальними електронними блоками керування динамічним навантаженням, крім того, датчики тиску, які є датчиками зворотного зв'язку, встановлені в робочих порожнинах гідроциліндрів статичного навантаження і електрично зв'язані з узгоджувальними електронними блоками керування статичним навантаженням.

На Фіг.1 представлена робоча камера установки для тривісних досліджень ґрунтів та відгалуження статичного навантаження однієї незалежної гідросистеми; на Фіг.2 - розріз А-А робочої камери та відгалуження динамічного навантаження однієї незалежної гідросистеми.

Установка для тривісних досліджень ґрунтів містить розбірний корпус 1 (Фіг.1) з робочою камерою 2 для зразка, яка виконана в вигляді кубу, утвореного стінками-штампами: рухомими вертикальними 3, 4, 5, 6 (Фіг.2), рухомою верхньою горизонтальною 7 та нерухомою нижньою горизонтальною 8, яка закріплена на основі розбірного корпусу 1. Всі рухомі стінки-штампи підпружинені відносно корпусу 1 за допомогою плунжерних штовханів 9. Для завантаження та вивантаження зразків розбірний корпус 1 містить дві стінки: верх-

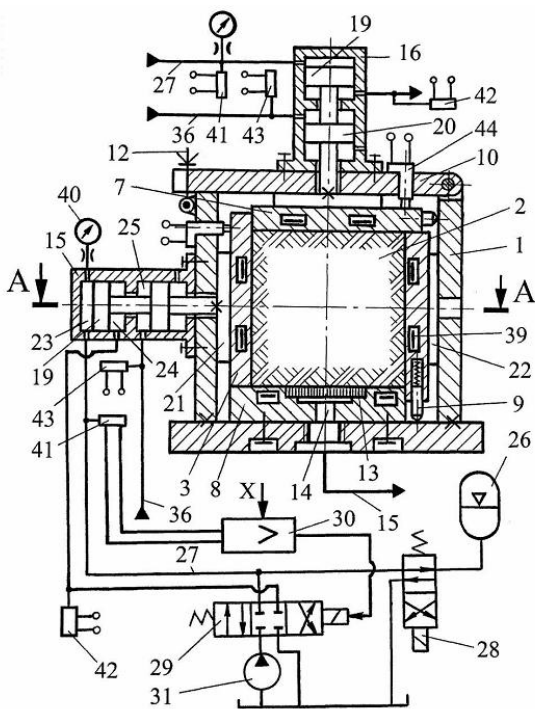
ню 10 та бокову 11, які розташовані на шарнірах та виконані з можливістю відчинятися назовні і фіксуватися в закритому стані за допомогою відкидних болтів 12. Нерухома нижня горизонтальна стінка-штамп 8 містить змінну пористу вставку 13, порожнина якої сполучена отвором 14 та гідролінією 15 з системою водонасичення зразка, вимірювання кількості та порового тиску рідини, що віддренована. На стінках розбірного корпусу 1 розташовані взаємоперпендикулярно три гідроциліндри 15, 16, 17, кожний з яких виконаний подвійним та містить гідроциліндри статичного та динамічного навантаження, які мають шток 18 та поршні 19, 20. Штоки 18 жорстко з'єднані з рухомими упорами 21. На протилежних стінках розбірного корпусу 1 опозитно гідроциліндрам розміщені нерухомі опори 22. Стінки-штампи 3, 4, 5, 6, 7, які виконані взаємнорухомими, рухомо закріплені на упорах 21, 22 з можливістю ковзання в площині їх контакту. Гідроциліндри 15, 16, 17 з'єднані з трьома незалежними гідросистемами, кожна з яких містить відгалуження статичного та динамічного навантаження. Робочі порожнини 23, 24 кожного гідроциліндра статичного навантаження сполучені з відгалуженням статичного навантаження. Робоча порожнина 25 кожного гідроциліндра динамічного навантаження сполучена з відгалуженням динамічного навантаження. Відгалуження статичного навантаження містить пневмогідроакумулятор 26, який з'єднаний з напірною гідролінією статичного навантаження 27 через двопозиційний чотирилінійний гідророзподільник з електромагнітним керуванням 28, за допомогою якого пневмогідроакумулятор 26 має можливість почергового сполучення з робочою порожниною 23 гідроциліндра статичного навантаження або із зливом. Крім того, в відгалуженні статичного навантаження встановлений дроселювальний гідророзподільник 29 з узгоджувальним електронним блоком керування статичним навантаженням 30. Середня позиція дроселювального гідророзподільника 29 виконана за схемою закритий центр та закритий злив. Через дроселювальний гідророзподільник 29 робочі порожнини 23 та 24 гідроциліндра статичного навантаження мають можливість почергового з'єднання з напірною або зливною гідролініями насосної установки статичного навантаження 31, до якої підключені всі три відгалуження статичного навантаження трьох незалежних гідросистем. Дроселювальний гідророзподільник 29 має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу X на узгоджувальному електронному блоці керування статичним навантаженням 30. Відгалуження динамічного навантаження містить редукційний клапан 32 (Фіг.2) з напірною гідролінією 33, встановлений в напірній гідролінії насосної установки 34, електрогідралічний підсилювач 35, вихід якого сполучений з підпоршневою робочою порожниною 25 гідроциліндра динамічного навантаження за допомогою напірної гідролінії 36 та коректувальні пристрої 37, виконані в вигляді електричних пропорційно-інтегрально-диференціювальних регуляторів. Електрогідралічний підсилювач 35 має можливість забезпечувати на виході з нього тиск, пропорційний вхідному електричному сигналу Y на узгоджувальному елект-

ронному блоці керування динамічним навантаженням 38. Всі стінки-штампи обладнані розташованими в їх тілах датчиками напружень 39, які є датчиками зворотного зв'язку за напруженнями в зразку. В робочих порожнинах 23, 24, 25 гідроциліндрів 15, 16, 17 встановлені манометри 40 та датчики тиску 41, 42, 43. На стінках жорсткого корпусу 1 встановлені корпуса трьох датчиків переміщення 44 паралельно осям навантаження з активними елементами, які знаходяться в контакт з рухомими стінками-штампами 3, 4, 7. Датчики тиску 41, 42, 43 та переміщення 44 є датчиками зворотного зв'язку відповідно за тиском в робочих порожнинах 23, 24, 25 гідроциліндрів 15, 16, 17 та переміщенням їх штоків 18. Пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори 37 встановлені в ланцюгах зворотного зв'язку відповідно між датчиками тиску 43, які встановлені в підпоршневих робочих порожнинах 25 гідроциліндрів динамічного навантаження, датчиками переміщення 44, датчиками напружень 39 та узгоджувальними електронними блоками керування 38 динамічним навантаженням. Всі датчики пристрою електрично зв'язані відповідно з узгоджувальними електронними блоками статичного 30 і динамічного 38 навантаження.

Установка для тривісних досліджень ґрунтів працює наступним чином. Робота приладу тривісного стиснення проводиться за режимом навантаження, який визначається програмою випробувань. Підготовлений до випробувань зразок матеріалу завантажується в робочу камеру 2 через відчинені назовні верхню 10 та бокову 11 стінки жорсткого корпусу 1, які потім зачиняються та фіксуються за допомогою відкидних болтів 12. За допомогою підпружинених плунжерів 9 рухомі стінки-штампи 3, 4, 5, 6, 7 знаходяться в взаємному контакті з можливістю ковзання як в площині їх контакту, так й відносно рухомих та нерухомих упорів 21, 22 і нерухомої нижньої горизонтальної стінки-штампа 8. За допомогою гідролінії 15, отвору 14 та змінної пористої вставки 13 проводиться водонасичення зразка, вимірювання кількості та парового тиску рідини, яка віддренована в процесі навантаження зразка. Для створення статичного навантаження, тривалого в часі, робоча рідина під тиском від насосної установки статичного навантаження 31 подається через дроселювальні гідророзподільники статичного навантаження 29, напірні гідролінії статичного навантаження 27 в підпоршневі робочі порожнини 23 гідроциліндрів статичного навантаження гідроциліндрів 15, 16, 17 та через двопозиційні чотирилінійні гідророзподільники з електромагнітним керуванням 28 - в пневмогідроакумулятори 26. В підпоршневих робочих порожнинах 23 тиск робочої рідини діє на поршні 19 з утворенням зусиль, які через штоки 18, рухомі упори 21 діють на три взаємно рухомі стінки-штампи 3, 4, 7. Останні, в свою чергу, починають рухатися, ковзаючи по поверхнях сполучених з ними двох стінок-штампів 5, 6, по поверхні нерухомої стінки-штампа 8 та по напрямним поверхням рухомих та нерухомих упорів 21, 22. В наслідок чого, відбувається об'ємне навантаження зразка в робочій камері 2. Після створення необхідних регульованих величин тиску в підпоршневих робочих

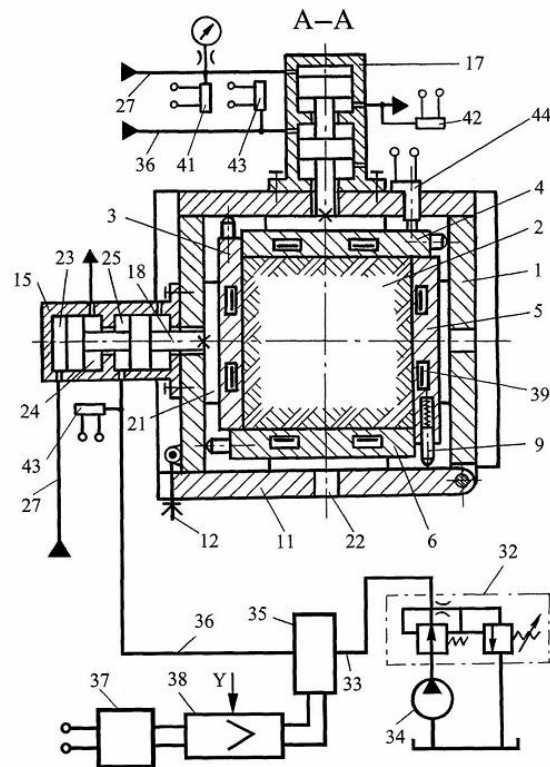
порожнинах 23, або необхідних величин напружень в зразку, або необхідних величин деформацій в зразку, які вимірюються відповідними вимірювальними приладами: манометром 40, датчиками тиску 41, 42, датчиками напруження 39, датчиками переміщення 44, дроселювальні гідророзподільники 29 встановлюються в середню позицію, насосна установка статичного навантаження 31 відключається. В результаті зразок знаходиться в навантаженому стані від дії на поршні 19 тиску робочої рідини в напірних гідролініях статичного навантаження 27 та пневмогідроакумуляторах 26, які компенсують витікання робочої рідини із відгалужень статичного навантаження незалежних гідросистем. Створення статичних навантажень на зразок, які повільно змінюються: зростають або спадають, відбувається за допомогою дроселювальних гідророзподільників 29, які змінюють в напірних гідролініях статичного навантаження 27 та в сполучених з ними підпоршневих робочих порожнинах 23 величини тиску робочої рідини в залежності від керівних електричних сигналів X, які змінюються відповідно заданої програми та надходять на вхід узгоджувальних електронних блоків керування статичним навантаженням 30 з урахуванням сигналів зворотного зв'язку від датчиків відповідно тиску 41, 42, переміщення 44 або напружень 39. При створенні комбінованого навантаження на зразок: статичного та динамічного навантажень одночасно, пневмогідроакумулятори 26 від'єднуються від напірних гідроліній статичного навантаження 27 за допомогою двопозиційних чотирилінійних гідророзподільників з електромагнітним керуванням 28 та з'єднуються із зливом. Для створення динамічних навантажень, які змінюються по складним траєкторіям або циклічно повторюються, включаються відгалуження динамічного навантаження незалежних гідросистем. Після включення насосної установки 34 в напірній гідролінії 33 редукційного клапану 32 встановлюється необхідна величина тиску. Вхідний електричний сигнал Y, який змінюється відповідно заданої програми, надходить на вхід узгоджувального електронного блока керування динамічним навантаженням 38, в якому електричний сигнал від відповідних датчиків 43, 39 або 44 про відхилення регульованих величин від заданих рівнів підсилюється та подається на електромеханічний перетворювач електрогідравлічного підсилювача 35. В якості регульованих величин використовуються: тиск в підпоршневій робочій порожнині 25 гідроциліндрів динамічного навантаження, напруження в зразку або переміщення рухомих стінок штампів 3, 4, 7. Електромеханічний перетворювач електрогідравлічного підсилювача 35 зміщує керівний дросельний елемент електрогідравлічного підсилювача 35 із початкового положення в положення, яке відповідає керівному електричному сигналу. В результаті в напірній гідролінії гідролінії 36 та з'єднаній з нею підпоршневі робочі порожнини 25 встановлюється тиск, пропорційний керівному електричному сигналу. Додатковий гнучкий від'ємний зворотний зв'язок за похідною від зміни регульованої величини, інтегралу від зміни регульованої величини утворюється за допомогою коректувальних пристроїв, викона-

них в вигляді електричних пропорційно-інтегрально-диференціальних регуляторів 37. Відповідний електричний сигнал від датчиків 43, 39 та 44 про відхилення регульованих величин від заданих рівнів проходить через пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори 37 та надходить на уз годжу вальний електронний блок керування динамічним навантаженням 38, з якого, в свою чергу, керівний електричний сигнал поступає на електромеханічний перетворювач електрогідрравлічного підсилювача 35. Електромеханічний перетворювач електрогідрравлічного підсилювача 35 відповідно зміщує керівний дросельний елемент електрогідрравлічного підсилювача 35 та встановлює тиск в підпоршневій робочий порож-



Фиг. 1

нині 25 гідроциліндра 15 або іншу регульовану величину на необхідному рівні. Завдяки додатковому коректувальному зворотному зв'язку збільшуються демпфірування та запаси стійкості пристрою, збільшується швидкодія, а також зводиться до мінімуму статична помилка при різних позиційних навантаженнях на шток 18 гідроциліндра динамічного навантаження. Після закінчення випробувань зразка робоча рідина від насосної установки статичного навантаження 31 через дросельовальний гідророзподільник 29 подається в робочі порожнини 24 гідроциліндрів 15, 16, 17. Рухомі стінки-штампи 3, 4, 7 відводяться від зразка, стінки 10, 11 відчиняються назовні, зразок вивантажується з робочої камери 2.



Фиг. 2