



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 45445

(13) C2

(51) 6 F02B53/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ РОБОТИ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ І РОТОРНО-ПОРШНЕВИЙ ДВИГУН ТРОФІМЧЕНКА О.О.

1

(21) 98105501  
(22) 20 10 1998  
(24) 15 04 2002  
(46) 15 04 2002, Бюл. № 4, 2002 р  
(72) Трофімченко Олександр Олександрович  
(73) Трофімченко Олександр Олександрович  
(56) RU 2078225 27 04 1997  
US 4182301 08 01 1980  
EP 0085427 10 08 1983  
UA 22988 15 02 2001

(57) 1 Спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, що має щонайменше одну секцію з двох циліндрів, в яких розміщені кінематично зв'язані між собою і виконані у вигляді ексцентриків ротори, газорозподільний механізм та шибєр, що ділить порожнину в кожному циліндрі на дві камери - передню та задню - за напрямком обертання ротора, який включає впуск та стиснення у першому циліндрі, перенос стислого заряду повітря або паливно-повітряної суміші з першого циліндра у другий, а потім робочий хід та впуск у другому циліндрі, який відрізняється тим, що у другому циліндрі паралельно з впуском і робочим ходом здійснюють відповідно впуск та стиснення з наступним переносом стислого заряду у перший циліндр, в якому потім паралельно з стисненням і впуском здійснюють відповідно робочий хід та впуск, при цьому у кожному циліндрі у задній камері робочий хід чергують зі впуском, а у передній камері впуск чергують зі стисненням

2 Роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, що містить щонайменше одну секцію з двох циліндрів, в яких розміщені виконані у вигляді ексцентриків ротори, встановлені на паралельних валах, кінематично зв'язані між собою для синхронного обертання в одну і ту ж сторону, шибєр, встановлений з можливістю зворотно-поступального руху між роторами, який контактує своїми кінцями з роторами і ділить порожнину у кожному циліндрі на дві камери перемінного об'єму - передню та задню - за напрямком обертання ротора, і газорозподільний механізм, який відрізняється тим, що газорозподільний механізм виконано у вигляді двох золотників, розташованих по обидві сторони шибєра, в кожному золотнику виконані дві камери і з'єднані з атмосферою вхідний та вихідний канали, а в кожному циліндрі по обидві

2

сторони шибєра виконані впускний та випускний канали для сполучення відповідно задньої та передньої камер циліндра з золотниками, при цьому вали роторів з'єднані з золотниками передачею, що забезпечує можливість попереминого сполучення задньої камери кожного циліндра з вхідним каналом або з однією з камер золотника, а передньої камери кожного циліндра - з вихідним каналом або з іншою камерою золотника

3 Двигун по п. 2, який відрізняється тим, що золотники, які обертаються, виконані циліндричними або конічними, а передача, що з'єднує вали роторів з золотниками, виконана з передаточним відношенням, рівним чотирьом

4 Двигун по п. 3, який відрізняється тим, що у кожному золотнику з'єднані з атмосферою вхідний та вихідний канали, виконані на протилежних кінцях золотника і мають по два радіальних вікна, діаметрально розташованих у поперечних площинах навпроти відповідно впускного та випускного каналів циліндрів, кожна камера золотника також має два радіальних вікна, одне з яких розміщене між вікнами вхідного каналу, а інше - між вікнами вихідного каналу, причому вікна однієї камери розміщені діаметрально по відношенню до вікон іншої камери

5 Двигун по п. 4, який відрізняється тим, що вікна золотника, які розташовані на стороні його вхідного каналу, зміщені у напрямку обертання золотника відносно вікон, розташованих на стороні вихідного каналу, на кут

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_2 / u - \alpha_3,$$

де  $\alpha$  - кут зміщення вікон на стороні вхідного каналу відносно вікон на стороні вихідного каналу,

$\alpha_1$  - кутова відстань від випускного каналу одного циліндра до впускного каналу другого циліндра за напрямком обертання золотника,

$u$  - передаточне відношення передачі, що з'єднує вали роторів з золотниками,

$\alpha_2$  - кут повороту роторів від кінця фази стиснення до початку фази робочого ходу відповідно в передній та задній камерах циліндрів, з'єднаних з даним золотником,

$\alpha_3$  - кутова відстань між подовжніми кромками вікон камери золотника

(13) C2

(11) 45445

(19) UA

Група винаходів відноситься до двигунобудівництва, а саме до роторно-поршневих двигунів внутрішнього згорання

Відомий спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, який включає послідовно здійснені впуск, стиснення, робочий хід та випуск (див книгу В С Бениовича и др Ротопоршневые двигатели, изд "Машиностроение", М, 1968 г, с 14-16) Відомий спосіб характеризується тим, що в кожній з трьох камер двигуна послідовно здійснюють робочий цикл, який включає впуск, стиснення, робочий хід та випуск Робочі цикли у камерах здійснюють зі зрушенням на  $120^\circ$  та  $240^\circ$ , тому за один оберт ротора відбувається три робочих хода, що відповідає одному робочому ходу на оберт ексцентрикового валу

Відомий роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, в якому здійснений даний спосіб (двигун Ванкеля), що має циліндр, порожнина якого утворена еліпсоїдною поверхнею (див книгу В С Бениовича и др Ротопоршневые двигатели, изд "Машиностроение", М, 1968 г, с 14-16) У циліндрі на ексцентриковому валу, з якого знімається потужність, встановлено триграневий ротор, що виконує функції поршня Ротор обертається у три рази повільніше ексцентрикового вала Поверхні граней ротора та порожнини циліндра утворюють три камери, об'єм яких змінюється при обертанні ротора

Недоліки вищезазначених відомих способу та двигуна полягають у наступному Робочий хід кожного з трьох циклів, здійснюваних при повороті ротора, відбувається у одній і тій же зоні циліндра, що призводить до більших теплових навантажень у цьому місці, термічній деформації корпусу та підвищеному зносу циліндра (див там же, с 43) У даному двигуні не забезпечується ступінь стиснення, достатня для здійснення способу роботи з запаленням від стиснення Крім того, поверхні циліндра та поршня мають складну форму і тому трудомістні у виготовленні

Відомий також спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, який включає впуск, стиснення, робочий хід та випуск (див авт свід СРСР №547539, М кл 2 F02B 53/00, опубл 1977) Для підвищення ступеня стиснення, згідно даному способу, стиснення здійснюють шляхом послідовної подачі гранями ротора по меншій мірі двох повтряних зарядів з робочої порожнини в окрему камеру згорання постійного об'єму перед упорскуванням в неї палива Для забезпечення одного робочого ходу вимагається здійснити не менше двох фаз впуску та стільки ж фаз стиснення

Відомий роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, в якому здійснено даний спосіб, який по конструкції аналогічний описаному вище і також має циліндр з еліпсоїдною робочою порожниною та триграневий ротор, встановлений на ексцентриковому валу (див авт свід СРСР №547539, М кл 2 F02B 53/00, опубл 1977)

Недоліком даних способу та двигуна є те, що у зв'язку зі збільшенням відносної кількості неробочих фаз, які приходяться на один робочий хід, в цілому у двигуні збільшуються механічні втрати та знижується механічний ККД Поршень та циліндр двигуна також складні у виготовленні, а у зоні згорання палива при роботі двигуна виникають високі температурні навантаження

Найбільш близьким до заявляемого та прийнятним як прототип є спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, що має по меншій мірі одну секцію з двох циліндрів, в яких розміщені кінематично зв'язані між собою і виконані у вигляді ексцентриків ротори, газорозподільний механізм та шибєр, що ділить порожнину в кожному циліндрі на дві камери - передню та задню по напрямку обертання ротора (див пат США №3364906, кл 123-8, 1968р) Відомий спосіб включає впуск та стиснення у першому циліндрі, перенос стислого заряду повітря або паливно-повітряної суміші з першого циліндра у другий, а потім робочий хід та випуск у другому циліндрі Робочий цикл у двигуні поділений між циліндрами Перший циліндр, де відбуваються тільки впуск та стиснення, служить компресором, а другий циліндр - робочим ступенем двигуна Впуск у задній камері першого циліндра здійснюють паралельно зі стисненням у передній камері цього ж циліндра, а робочий хід у задній камері другого циліндра - паралельно з випуском у передній камері того ж циліндра За один оберт роторів здійснюють один робочий хід

Відомий роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, вибраний як прототип, в якому здійснено відомий спосіб його роботи, що містить секцію з двох циліндрів, в яких розміщені виконані у вигляді ексцентриків ротори, встановлені на паралельних валах, кінематично зв'язані між собою для синхронного обертання в одну і ту ж сторону (див пат США №3364906, кл 123-8, 1968р) Між роторами з можливістю зворотно-поступового руху встановлено шибєр Шибєр контактує своїми кінцями з поверхнями роторів та ділить у кожному з циліндрів порожнину, обмежену поверхнями циліндра та ротора, на дві камери перемінного об'єму - передню та задню по напрямку обертання ротора Двигун споряджено золотниковим газорозподільним механізмом, що конструктивно суміщений з шибєром і являє собою систему каналів, виконаних у шибєрі

Недолік відомого способу полягає в тому, що під час роботи двигуна робочий хід кожного циклу здійснюють один за другим тільки у задній камері другого циліндра, тому температурний пік виникає в одній і тій же зоні одного і того ж циліндра Це призводить до більших температурних навантажень у зоні згорання палива в другому циліндрі, термічній деформації корпусу та підвищеному зносу циліндра

Недоліком відомого роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, в якому реалізовано

даний спосіб, є також те, що для отримання високого ступеня стиснення циліндри виконані різних розмірів розміри першого циліндра перевищують розміри другого. Збільшення розмірів першого циліндра призводить до втрати уніфікації першого та другого циліндрів і розміщених в них роторів, що ускладнює та здорожує виготовлення двигуна.

В основу винаходу поставлена задача створити такий спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, в якому здійснення робочого ходу поперемінно то в першому, то у другому циліндрах з чергуванням кожного робочого ходу зі впуском, тобто з чергуванням гарячих та холодних фаз, дозволило б зменшити, температурні навантаження на деталі двигуна в зонах горіння палива та, отже, підвищити надійність і ресурс двигуна.

В основу винаходу також поставлена задача удосконалення роторно-поршневого двигуна, в якому нове конструктивне виконання газорозподільного механізму і нові взаємозв'язки між камерами циліндрів та золотниками двигуна дозволили б здійснити спосіб роботи, що заявляється, з забезпеченням зниження температурних навантажень на деталі двигуна у зонах горіння палива, а також забезпечити ступінь стиснення необхідної величини без збільшення розмірів одного з циліндрів і за рахунок цього досягнути уніфікації циліндрів та роторів та, отже, спрощення і удешевлення виготовлення двигуна.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, що має по меншій мірі одну секцію з двох циліндрів, в яких розміщені кінематичне зв'язані між собою і виконані у вигляді ексцентриків ротори, газорозподільний механізм та шибєр, що ділить порожнину у кожному циліндрі на дві камери - передню та задню по напрямку обертання ротора, що включає впуск та стиснення у першому циліндрі, перенос стислого заряду повітря або паливно-повітряної суміші з першого циліндра у другий, а потім робочий хід та випуск у другому циліндрі, згідно з винаходом, у другому циліндрі паралельно з впуском і робочим ходом здійснюють відповідно впуск та стиснення з наступним переносом стислого заряду у перший циліндр, в якому потім паралельно зі стисненням і впуском здійснюють відповідно робочий хід та випуск, при цьому у кожному циліндрі у задній камері робочий хід чергують зі впуском, а у передній камері випуск чергують зі стисненням.

Поставлена задача вирішується також тим, що у роторно-поршневому двигуні внутрішнього згорання, що містить по меншій мірі одну секцію з двох циліндрів, в яких розміщені виконані у вигляді ексцентриків ротори, встановлені на паралельних валах, кінематично зв'язані між собою для синхронного обертання в одну і ту ж сторону, шибєр, встановлений з можливістю зворотно-поступного руху між роторами, який контактує своїми кінцями з роторами та ділить порожнину у кожному циліндрі на дві камери змінного об'єму - передню та задню по напрямку обертання ротора, і газорозподільний механізм, згідно винаходу, газорозподільний механізм виконано у вигляді двох золотників, розташованих по обидві сторони шибєра, в кож-

ному золотнику виконані дві камери і з'єднані з атмосферою вхідний та вихідний канали, а в кожному циліндрі по обидві сторони шибєра виконані впускний та випускний канали для сполучення відповідно задньої та передньої камер циліндра з золотниками, при цьому вали роторів з'єднані з золотниками передачею, що забезпечує можливість поперемінного сполучення задньої камери кожного циліндра з вхідним каналом або з однією з камер золотника, а передньої камери кожного циліндра - з вихідним каналом або з іншою камерою золотника.

Крім того, роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, що заявляється, характеризується наступними частковими відрізняльними ознаками. Золотники, які обертаються, виконані циліндричними або конічними, а передача, що з'єднує вали роторів з золотниками, виконана з передатним відношенням, рівним чотирьом. У кожному золотнику з'єднані з атмосферою вхідний та вихідний канали виконані на протилежних кінцях золотника і мають по два радіальних вікна, діаметрально розташованих у поперечних площинах навпроти відповідно до впускного та випускного каналів циліндрів, кожна камера золотника також має два радіальних вікна, одне з яких розміщене між вікнами вхідного каналу, а інше - між вікнами вихідного каналу, причому вікна однієї камери розміщені діаметрально по відношенню до вікон іншої камери. Вікна золотника, які розташовані на стороні його вхідного каналу, зміщені у напрямку обертання золотника відносно вікон, розташованих на стороні вихідного каналу, на кут

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_2 / u - \alpha_3,$$

де  $\alpha$  - кут зміщення вікон на стороні вхідного каналу відносно вікон на стороні вихідного каналу,

$\alpha_1$  - кутова відстань від випускного каналу одного циліндра до впускного каналу другого циліндра по напрямку обертання золотника,

$u$  - передаткове відношення передачі, що з'єднує вали роторів з золотниками,

$\alpha_2$  - кут повороту роторів від кінця фази стиснення до початку фази робочого ходу відповідно в передній та задній камерах циліндрів, з'єднаних з даним золотником,

$\alpha_3$  - кутова відстань між подовжніми кромками вікна камери золотника.

У результаті використання способу роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, що заявляється, забезпечується отримання технічного результату, що полягає в зменшенні температурних навантажень на деталі двигуна у зонах горіння палива.

У результаті використання конструкції роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, яка забезпечує здійснення способу роботи двигуна, що заявляється, досягається отримання технічного результату, що полягає в зменшенні температурних навантажень на деталі двигуна у зонах горіння палива, а також в забезпеченні потрібного ступеня стиснення, необхідного для самозапалення палива, без збільшення розмірів одного з циліндрів.

Між сукупністю суттєвих ознак, що характеризують запропонований спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, та

технічним результатом, що досягається, існує наступний причинно-наслідковий зв'язок

У відповідності з запропонованим способом змінюється порядок чергування фаз у циліндрах. У результаті цього паралельно з кожним робочим циклом, що починається у першому циліндрі, в двигуні протікає робочий цикл, що починається у другому циліндрі, а закінчується у першому. При цьому однойменні фази обох циклів протікають поперемінно то у одному циліндрі, то у іншому. Таким чином, завдяки новому порядку чергування фаз робочий хід здійснюється поперемінно у різних циліндрах, чергуючись зі впуском, тобто відбувається чергування гарячих та холодних фаз, у результаті чого зменшуються температурні навантаження на деталі двигуна у зонах горіння палива, що підвищує надійність та ресурс двигуна. Між сукупністю суттєвих ознак, що характеризують роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, що заявляється, і технічним результатом, що досягається, також існує причинно-наслідковий зв'язок, що полягає у наступному

Нове конструктивне виконання газорозподільного механізму і взаємозв'язків між камерами циліндрів та золотниками у роторно-поршневому двигуні внутрішнього згорання, що заявляється, а саме наявність двох золотників, розташованих по обидві сторони шибера навпроти впускних та впускних каналів циліндрів, наявність у золотниках відповідних камер та каналів, а також передачі, що з'єднує ротори з золотниками, дозволяє забезпечити необхідний порядок з'єднання передніх та задніх камер циліндрів з камерами і каналами золотників і, отже, дозволяє здійснити спосіб роботи двигуна, що заявляється, з забезпеченням зменшення температурних навантажень у зонах горіння палива. Як відомо, ступінь стиснення обумовлена відношенням об'єму камери циліндра, в якій відбувається стиснення, до об'єму камери згорання. Завдяки тому, що функції камери згорання виконує поперемінно одна з камер золотника, конструктивно легко отримати необхідне співвідношення зазначених об'ємів і, отже, необхідний ступінь стиснення, необхідний для самозапалення палива. Те, що в обох циліндрах протікають однакові процеси, а для підвищення ступеня стиснення не вимагається збільшення розмірів одного з циліндрів, дозволяє виконати циліндри та ротори уніфікованими і, таким чином, спростити та здешевити виготовлення двигуна.

Виконання золотників циліндричними або конічними, що обертаються, є окремим випадком їхнього виконання, бо вони можуть мати і іншу геометричну форму та здійснювати не обертальний, а, наприклад, зворотно-поступовий рух і при цьому також забезпечувати виконання необхідних функцій. У цьому випадку передача, що з'єднує вали роторів з золотниками, також мала б інше конструктивне виконання. Ознаки, що стосуються передавкового відношення передачі, що з'єднує вали роторів з золотниками, форми золотників, наявності і взаємного розташування у них каналів, камер та вікон, є прикладами конкретного виконання і направлені на розвиток та уточнення сукупності суттєвих ознак, наведених у п. 2 формули винаходу.

По наявним у заявника відомостям сукупність

суттєвих ознак, що характеризують суттєвість винаходів, що заявляються, не відома з рівня техніки, що дозволяє зробити висновок про відповідність винаходів критерію "новизна".

На думку заявника, для фахівця суттєвість винаходів, що заявляються, не слід вважати явним чином з відомого рівня техніки, тому що з нього не виявляється вплив сукупності суттєвих ознак на технічний результат, який досягається, що дозволяє зробити висновок про їхню відповідність критерію "винахідницький рівень".

Спосіб, що заявляється, і двигун можуть бути багаторазово використані у двигунобудівництві з отриманням технічного результату, що полягає у зменшенні температурних навантажень на деталі двигуна у зонах горіння палива, а також у забезпеченні необхідного ступеня стиснення без збільшення одного з циліндрів, що обумовлює унікацію циліндрів та роторів. Це дозволяє зробити висновок про відповідність винаходів критерію "промислове пристосування".

На фіг. 1 схематично зображений роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання з запаленням від стиснення, в якому реалізується спосіб, що пропонується, поперечний розріз, на фіг. 2 - золотник, на фіг. 3 - розріз А - А на фіг. 2, на фіг. 4 - розріз Б - Б на фіг. 2, на фіг. 5 - графіки робочих циклів, що протікають у циліндрах двигуна, де V - об'єм камер циліндрів, а n - обороти роторів, та умовні позначення (нульовий або максимальний об'єм камер циліндрів відповідає нульовому положенню роторів), на фіг. 6 - графік протікання першого робочого циклу з початком у першому циліндрі, на фіг. 7 - графік протікання другого робочого циклу з початком у другому циліндрі, на фіг. 8 - графіки чергування фаз у передній (вгорі) та задній (внизу) камерах відповідно першого та другого циліндрів, з'єднаних з верхнім золотником, на фіг. 9 - графіки чергування фаз у задній (вгорі) та передній (внизу) камерах циліндрів, з'єднаних з нижнім золотником (на фіг. 6 - 9 умовні позначення ті ж, що і на фіг. 5), на фіг. 10 - чергування фаз, що протікають у камерах циліндрів при першому, третьому, п'ятому і т. д. оборотах двигуна (непарних оборотах) та умовні позначення, на фіг. 11 - чергування фаз при другому, четвертому, шостому і т. д. оборотах двигуна (парних оборотах).

Спосіб, що пропонується, може бути реалізований як у карбюраторному двигуні, так і у двигуні з запаленням від стиснення. Як приклад приведено роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання з запаленням від стиснення.

Двигун містить корпус 1, в якому виконана секція з двох циліндрів 2 та 3. Таких секцій у двигуні може бути одна або дві і більш. Порожнини циліндрів закриті з торців боковими кришками 4. У циліндрах 2 та 3 розміщені виконані у виді ексцентриків ротори 5 та 6, встановлені на паралельних валах 7 та 8, кінематичне зв'язаних між собою за допомогою шестеренчастої передачі (на кресленні не показана), яка забезпечує синхронне обертання валів з роторами в одну і ту ж сторону. Між роторами 5 та 6 з можливістю зворотно-поступового руху встановлено шибера 9, виконаний з двох підпружинених між собою частин (пружина не показана), з можливістю зміни його довжини. Бокові сто-

рони шибера 9 встановлені у подовжніх (у напрямку руху) пазах, виконаних у кришках 4 (на фіг 1 пази позначені пунктиром) Кінці шибера 9 контактують з поверхнями роторів 5 та 6 і ділять у кожному циліндрі порожнину, обмежену поверхнями циліндра та ротора, на дві камери перемінного об'єму У першому і у другому циліндрах 2 та 3 утворені, таким чином, передні по напрямку обертання роторів камери 10 та 11 і задні камери 12 та 13 На фіг 1 напрямок обертання роторів показано стрілками У циліндрах 2 та 3 по обидві сторони шибера 9 виконані відповідно впускні канали 14 та 15 і випускні канали 16 та 17 Випускні канали зміщені в осьовому напрямку відносно впускних каналів Двигун споряджено газорозподільним механізмом, виконаним у вигляді двох циліндричних золотників, що обертаються, 18 та 19, розташованих між циліндрами 2 та 3 Золотники 18 та 19 мають схожий устрій, містять однакові елементи і тому на фіг 2, 3 та 4 умовно представлені однією деталлю Перший золотник 18 розміщений над шиберам 9, а другий золотник 19 - під шиберам Можливо виконання золотників не циліндричної, а конічної форми У кожному золотнику на його протилежних кінцях виконані з'єднані з атмосферою вхідний та вихідний канали 20 та 21, а також дві однакові камери 22 та 23, об'єми яких в обох золотниках 18 та 19 однакові На стороні вхідного каналу 20 виконане зубчатий вінець для приводу золотника (привод на кресленні не показано) Вхідний канал 20 має два радіальних вікна 24 та 25, діаметрально розташованих у поперечній площині, а вихідний канал 21 - два радіальних вікна 26 та 27, також розташованих діаметрально, але в другій поперечній площині Вікна 24 та 25 першого золотника 18 розміщені навпроти впускного каналу 15 циліндра 3, а ці ж вікна другого золотника 19 - навпроти впускного каналу 14 циліндра 2 Вікна 26 та 27 золотника 18 розміщені навпроти випускного каналу 16 циліндра 2, а ці ж вікна золотника 19 - навпроти випускного каналу 17 циліндра 3 Камера 22 також має два радіальних однакових вікна 28 та 29, а камера 23 - два таких же радіальних вікна 30 та 31 Вікна камери 23 розміщені діаметрально по відношенню до вікон камери 22, причому вікна 28 та 30 обох камер розміщені між вікнами 24 та 25 вхідного каналу 20, а вікна 29 та 31 - між вікнами 26 та 27 вихідного каналу 21 Вікна 28, 29, 30 та 24, розташовані в одній площині на стороні вхідного каналу 20, зміщені у напрямку обертання золотника (на фіг 1, 3 та 4 показано стрілками) відносно вікон 29, 27, 31 та 26, розташованих у другій площині на стороні вихідного каналу 21, на кут

$$\alpha = \alpha_1 - \alpha_2 u - \alpha_3,$$

де  $\alpha$  - кут зміщення вікон на стороні вхідного каналу 20 відносно вікон на стороні вихідного каналу 21 (фіг 3, 4),

$\alpha_1$  - кутова відстань від випускного каналу одного циліндра до впускного каналу другого циліндра по напрямку обертання золотника (на фіг 1 для золотника 18 - відстань між верхніми кромками каналів 16 та 15, а для золотника 19 - між нижніми кромками каналів 17 та 14),

$u$  - передаткове відношення передачі, що з'єднує вали роторів з золотниками,

$\alpha_2$  - кут повороту роторів від кінця фази стис-

нення до початку фази робочого ходу відповідно в передній та задній камерах циліндрів, з'єднаних з даним золотником (на фіг 5, 6, 7, 8 та 9 відмічений початком і кінцем стрілок),

$\alpha_3$  - кутова відстань між подовжніми кромками вікна камери 22 або 23 (тобто кутова ширина, наприклад, вікна 28 на фіг 3)

У різноманітних виконаннях двигуна, що заявляється за рахунок його конструктивних особливостей величини  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  та  $\alpha$  можуть бути різними

У розглядуваному прикладі ці величини можуть бути, наприклад, такими Для обох золотників  $\alpha_1 = 190^\circ$ ,  $u = 4$ ,  $\alpha_3 = 30^\circ$  Для золотника 18 можна прийняти  $\alpha_2 = 240^\circ$ , звідси  $\alpha = 100^\circ$  Для золотника 19  $\alpha_2 = 600^\circ$ , тому  $\alpha = 10^\circ$  Тут кут  $\alpha_2$  вибраний з урахуванням того, що наріжні відстані отвору каналів 14, 15, 16 та 17 від площини шибера 9 прийняті рівними  $30^\circ$

Завдяки тому, що шестернева передача, що з'єднує вали 7 та 8 роторів із золотниками 18 та 19 (на кресленні не показана) має передаткове відношення  $u = 4$ , золотники обертаються у чотири рази повільніше, ніж ротори, тому забезпечується можливість поперемінного сполучення задніх камер 12 та 13 циліндрів із вхідним каналом 20 або з однією з камер, наприклад, із камерою 22 відповідного "свого" золотника, а передніх камер 10 та 11 циліндрів - з вихідним каналом 21 або із другою камерою, наприклад, з камерою 23 золотника У корпусі 1 перед входом в впускні канали 15 та 14 встановлені форсунки 32 та 33 для подачі палива у камери 22 або 23 золотників 18 та 19 У даному випадку камери 22 та 23 будуть виконувати функції камер згорання Якщо двигун у карбюраторному виконанні і працює на бензині, то замість форсунок 32 та 33 встановлюють свічки запалення Між шиберам 9 і каналами 16, 17, 14 та 15 у стінках циліндрів 2 та 3 виконані пази (на кресленні не показані) Ці пази призначені для відвертання запирання залишків стислого повітря або продуктів згорання у передніх камерах 10 та 11 при русі вершин роторів 5 та 6 на відрізу між випускними каналами 16 та 17 і шиберам 9, а також для відвертання утворення вакууму у задніх камерах 12 та 13 при русі вершин роторів на відрізу між шиберам 9 і впускними каналами 14 та 15

Спосіб роботи роторно-поршневого двигуна внутрішнього згорання, що заявляється, здійснюють таким чином

Спосіб передбачає протікання у циліндрах двигуна робочих циклів, які включають впуск, стиснення, робочий хід та випуск, причому кожен з перелічених фаз циклу здійснюють за один оборот ротора Спочатку здійснюють впуск заряду повітря у задню камеру 12 першого циліндра 2, з'єднуючи за допомогою нижнього золотника 19 задню камеру 12 циліндра з атмосферою Після цього проводять стиснення його у передній камері 10 цього ж циліндра, після чого стислий заряд повітря за допомогою верхнього золотника 18 переносять у задню камеру 13 другого циліндра 3, в якій здійснюють робочий хід Випуск здійснюють у передній камері другого циліндра 3, з'єднуючи її з атмосферою за допомогою нижнього золотника 19 Паралельно з описаним робочим циклом, який починають у першому циліндрі 2 і закінчують у другому

циліндри 3, здійснюють другий робочий цикл, який починають у другому циліндрі 3 і закінчують у першому циліндрі 2. Для цього у другому циліндрі 3 паралельно з випуском у передній камері 11 здійснюють впуск у задній камері 13, з'єднуючи її з атмосферою за допомогою верхнього золотника 18. Після цього паралельно з робочим ходом в задній камері 13 здійснюють стиснення у передній камері 11. Стислий заряд повітря за допомогою нижнього золотника 19 переносять з передньої камери 11 другого циліндра 3 у перший циліндр 2, в якому у задній камері 12 здійснюють робочий хід, а потім у передній камері 10 - випуск, з'єднуючи камеру 10 за допомогою верхнього золотника 18 з атмосферою. Указані робочий хід і випуск у першому циліндрі 2 здійснюють паралельно зі стисненням і впуском у цьому ж циліндрі. У циліндрах 2 та 3 у задніх камерах 12 та 13 робочий хід чергують зі впуском, а у передніх камерах 10 та 11 випуск чергують зі стисненням. При цьому забезпечується протікання робочих ходів (гарячих фаз) поперемінно то у першому циліндрі 2 то у другому циліндрі 3.

Роторно-поршневий двигун внутрішнього згорання, що заявляється, працює наступним чином.

При обертанні роторів 5 та 6 камери циліндрів 2 та 3 змінюють свій об'єм, причому об'єм передніх камер 10 та 11 змінюється тільки в сторону зменшення, а задніх камер 12 та 13 - тільки в сторону збільшення. У зв'язки з цим у передніх камерах 10 та 11 протікають тільки фази стиснення і випуску, а у задніх камерах 12 та 13 - тільки фази впуску і робочого ходу. Коли ротор 5 або 6 приходить у нульове положення, коли його вершина приходить у площину шибера 9 (для циліндра 2 - фіг 10а, а для циліндра 3 - фіг 10в), задня камера досягає максимального об'єму, а передня - нульового об'єму. Після кожного проходження ротора через нульове положення задня камера стає передньою камерою, об'єм якої починає зменшуватися, а передня камера, об'єм якої зменшився до нуля, стає задньою, і об'єм її починає збільшуватися. Зміна об'єму задньої камери від нуля до максимальної величини, а передньої - від максимальної величини до нуля, відбувається за один повний оберт ротора. Фази впуску і робочого ходу у задніх камерах 12 та 13 починаються в момент проходження вершин роторів 5 та 6 впускних каналів 14 та 15, а закінчуються при нульовому положенні роторів. Фази стиснення і випуску у передніх камерах 10 та 11 починаються при нульовому положенні роторів, а закінчуються в момент проходження вершин роторів впускних каналів 16 та 17. На графіках (фіг 5-9) початок впуску і робочого ходу, а також кінець стиснення і випуску позначені вертикальними штрихами. Протікання фаз у одному циліндрі зсунуте на  $180^\circ$  відносно однойменних фаз у другому циліндрі. У розглядуваному двигуні початок фаз у другому циліндрі 3 (фіг 5 нижній графік) випереджає на  $180^\circ$  початок однойменних фаз у першому циліндрі 2 (там же, верхній графік). На фіг 5 видно, що у циліндрах 2 та 3 двигуна у будь-який момент часу паралельно протікає чотири робочих цикли, які включають впуск у одному циліндрі, стиснення у цьому ж циліндрі, перенос стислого заряду повітря з одного циліндра у другий,

робочий хід у другому циліндрі і там же випуск.

Робочий цикл, що починається у першому циліндрі 2 (на фіг 6 позначений фігурними дужками) протікає наступним чином. У початковий момент (фіг 10а) ротор 5 проходить нульове положення і об'єм задньої камери 12 циліндра 2 стрибкувато змінює свій об'єм від максимальної до нульової величини, після чого вершина ротора 5 підходить до впускного каналу 14 циліндра 2, і задня камера 12 цього циліндра через впускний канал 14, вікно 24 та вхідний канал 20 з'єднується з атмосферою. Об'єм камери 12 починає збільшуватися і розпочинається впуск свіжого заряду повітря. За один повний оберт ротора 5 ( $360^\circ$ ) задня камера 12 збільшує свій об'єм від нуля до максимальної величини (фіг 11а) і фаза впуску завершується. Золотник обертається у чотири рази повільніше, ніж ротор, тому він повернеться за цей час на  $90^\circ$ . У кінці фази впуску вікно 24 проходить впускний канал 14 і зв'язок задньої камери 12 з атмосферою переривається. Після проходження ротором 5 нульового положення задня камера 12 стає передньою камерою 10 і починається фаза стиснення (фіг 11б, в, г). У період процесу стиснення вікно 29 камери 22 верхнього золотника 18 підходить до впускного каналу 16 циліндра 2, і передня камера 10 через канал 16 та вікно 29 з'єднується з камерою 22 золотника. У кінці фази стиснення, коли вершина ротора 5 наблизиться до шибера 9, стислий заряд повітря витісняється з передньої камери 10 у камеру 22 верхнього золотника 18. Після того, як вікно 29 пройде канал 16, стислий заряд повітря запирається у камері 22 і фаза стиснення завершується (фіг 10а), а незначні залишки стислого повітря через пази, виконані у стінці циліндра 2 вище шибера 9 (на кресленні не показані) з камери 10 витісняються у задню камеру 12. Золотник 18, обертаючись по годинній стрілці (фіг 1, 3, 4), переносить розміщений у камері 22 стислий заряд повітря від циліндра 2 до циліндра 3 (на фіг 6 перенос заряду показаний стрілкою). Через  $240^\circ$  ( $180^\circ$  плюс наріжні відстані каналів 16 та 15 від шибера 9) після завершення стиснення у циліндрі 2 вершина ротора 6 другого циліндра 3, пройшовши нульове положення (фіг 10в), підходить до впускного каналу 15, і знов задня камера 13, що з'явилася, готова до фази робочого ходу. Золотник 18, обертаючись у чотири рази повільніше роторів, повернеться за цей час лише на  $60^\circ$ , однак за рахунок того, що друге вікно 28 камери 22 зміщене у напрямку обертання золотника відносно вікна 29, воно підійде до впускного каналу 15 циліндра 3 вчасно безпосередньо до початку робочого ходу. Перед початком сполучення камери 22 золотника через вікно 28 та канал 15 з задньою камерою 13 (тобто з деяким випередженням) у камеру 22 за допомогою форсунки 32 під тиском подається паливо. Утворена паливно-повітряна суміш самозапалюється, і у момент сполучення камери 22 з задньою камерою 13 продукти горіння розширюються, поступають у задню камеру 13 і впливають на ротор 6. Починається фаза робочого ходу у другому циліндрі 3 (фіг 10г, фіг 11а, б, в). У кінці

фази робочого ходу, коли ротор 6 наблизиться до свого нульового положення (фіг 11в), вікно 27 вихідного каналу 21 нижнього золотника 19 підходить до випускного каналу 17 циліндра 3. Після проходження ротором 6 нульового положення задня камера 13 циліндра 3 стає передньою камерою 11, яка через випускний канал 17, вікно 27 та вихідний канал 21 нижнього золотника 19 з'єднується з атмосферою. Починається фаза випуску у другому циліндрі 3 (фіг 11г, фіг 10а, б). Повертаючись, ротор 6 витісняє продукти згорання в атмосферу, і коли вершина ротора 6 проходить випускний канал 17, вікно 27 також проходить випускний канал 17, зв'язок камери 11 циліндра 3 з атмосферою переривається і фаза випуску завершується (фіг 10в), а незначні залишки газів з об'єму камери 11, що зменшуються до нуля, через пази у циліндрі 3 витісняються у задню камеру 13. Таким чином, робочий цикл, що почався впуском у першому циліндрі 2, через чотири з половиною оберти роторів завершується випуском у другому циліндрі 3 (фіг 6). У цьому циклі впуск та випуск здійснюються за допомогою нижнього золотника 19, а перенос стислого заряду повітря - за допомогою верхнього золотника 18.

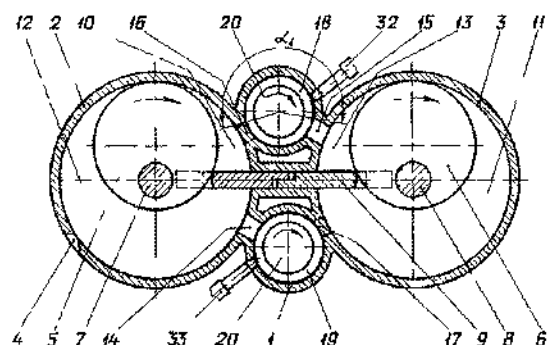
Робочий цикл, що починається в другому циліндрі 3 (на фіг 7 позначений фігурними дужками) протікає аналогічно описаному вище. Після проходження ротором 6 нульового положення (фіг 11в) вікно 25 верхнього золотника 18 підходить до впускного каналу 15 і з'єднує задню камеру 13, об'єм якої починає збільшуватися, через канали 15 та 20 з атмосферою. Починається фаза впуску у другому циліндрі 3 (фіг 11г, фіг 10а, б), яка завершується, коли об'єм камери 13 збільшується до максимальної величини (фіг 10в), а вікно 25 золотника 18 проходить канал 15 і зв'язок камери 13 з атмосферою переривається. Після проходження ротором 6 нульового положення задня камера 13 стає передньою камерою 11 і починається фаза стиснення у другому циліндрі 3 (фіг 10г, фіг 11а, б). У цей час вікно 31 нижнього золотника 19 підходить до випускного каналу 17 циліндра 3 і передня камера 11 через канал 17 та вікно 31 з'єднується з камерою 23 нижнього золотника 19. Стислий заряд повітря витісняється з передньої камери 11 циліндра 3 у камеру 23 золотника 19, і після того, як вікно 31 пройде канал 17, стислий заряд замикається у камері 23. Фаза стиснення у циліндрі 3 завершується (фіг 11в), а золотник 19 переносить замкнений заряд повітря у циліндр 2 (на фіг 7 перенос заряду показаний стрілкою). Після завершення фази стиснення у циліндрі 3 через 600° (540° плюс наріжні відстані каналів 17 та 14 від шибера 9) вершина ротора 5 першого циліндра 2 пройшовши нульове положення (фіг 11а) підходить до впускного каналу 7 14, і задня камера 12 циліндра 2, яка знов виникла, готова до прийому стислого заряду та початку фази робочого ходу. Кутова відстань  $\alpha$  між каналами 16 та 15 (тобто шлях переносу стислого заряду верхнім золотником 18) така ж, як і кутова відстань між каналами 17 та 14 (шлях переносу заряду нижнім золотником 19), однак проміжок між кінцем стиснення у циліндрі 3 і початком робочого ходу у циліндрі 2 у два з половиною рази більше, ніж проміжок між

кінцем фази стиснення у циліндрі 2 і початком робочого ходу у циліндрі 3 (на фіг 6 та 7 проміжки відзначені початком та кінцем стрілок). У зв'язку з цим золотники 18 та 19, маючи принципово однакову конструкцію і однакові розміри їх елементів, відрізняються кутами  $\alpha$ , тобто кутами зміщення вікон 28 та 30 камер 22 та 23 відносно вікон 29 та 31 цих же камер у нижньому золотнику 19 цей кут менший, ніж у верхньому золотнику 18 (це відноситься також і до вікон 24, 25 та 26, 27 каналів 20 та 21 золотників). Як вказувалося вище, у реальному двигуні кут  $\alpha$  у верхньому золотнику 18 може складати, наприклад, 100°, а у нижньому золотнику - 10°. Завдяки цьому передача стислого заряду нижнім золотником 19 здійснюється за більший проміжок часу, ніж верхнім золотником 18 і, таким чином, забезпечується своєчасне підведення стислого заряду повітря у задню камеру 12 циліндра 2. Перед суміщенням вікна 30 камери 23 з каналом 14 (тобто з випередженням), у камеру 23 за допомогою форсунки 33 подається паливо. Паливно-повітряна суміш, що спалахує, потім поступає у задню камеру 12 циліндра 2 і впливає на ротор 5. Починається фаза робочого ходу у задній камері 12 першого циліндра 2 (фіг 11б, в, г, 10а). У кінці робочого ходу (фіг 10а) вікно 26 вихідного каналу 21 верхнього золотника 18 підходить до випускного каналу 16 і передня камера 10 циліндра 2 через канал 16, вікно 26 та канал 21 верхнього золотника 18 з'єднується з атмосферою. Починається фаза випуску у першому циліндрі 2 (фіг 10б, в, г) яка завершується, коли вершина ротора 5, а також вікно 26 проходять випускний канал 16 і зв'язок передньої камери 10 з атмосферою переривається. Робочий цикл, що почався в другому циліндрі 3, завершується у першому циліндрі 2 через п'ять з половиною оборотів роторів.

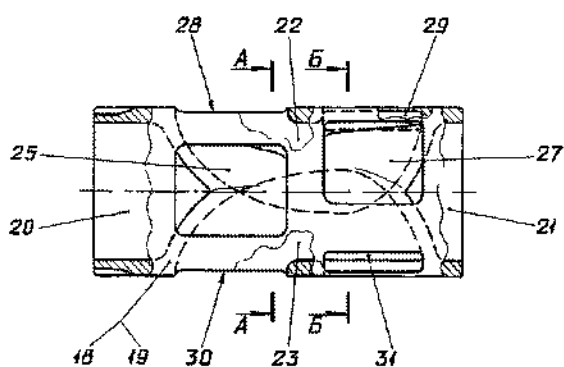
Таким чином, у циліндрах 2 та 3 паралельно протікають робочі цикли, які починаються з фази впуску поперемінно то у першому, то у другому циліндрі (фіг 5). У кожному циліндрі в продовження двох оборотів ротора впуск і наступне стиснення здійснюється паралельно з випуском і робочим ходом, при цьому однойменні фази у циліндрах взаємно зміщені на ступінь-обороту ротора, тобто на 180°. У задніх камерах 12 та 13 циліндрів 2 та 3 робочий хід чергується зі впуском, а у передніх камерах 10 та 11 випуск чергується з стисненням (фіг 8, 9). Робочий хід здійснюється поперемінно то у одному, то у другому циліндрі, причому у задній камері кожного циліндра відбувається чергування робочого ходу з впуском свіжого заряду повітря, тобто гаряча фаза чергується з холодною, що у підсумку покращує охолодження циліндрів та роторів і сприяє зменшенню температурних навантажень у зонах горіння палива. У двигуні, що заявляється, ступінь стиснення визначається відношенням максимального об'єму передньої камери циліндра, в якій відбувається стиснення, до об'єму камери золотника. Нове виконання золотника дозволяє конструктивно забезпечити будь-яке необхідне відношення означених об'ємів і, отже, отримати необхідну ступінь стиснення, що забезпечує самозапалення палива (канали 16 та 17, через які проходить стисле повітря, у реальному двигуні мають малу довжину та об'єм, і тому на отримання

необхідного ступеня стиснення практично не впливають) Високий ступінь стиснення у новому двигуні забезпечується без збільшення розмірів одного з циліндрів, як це має місце у прототипі

Завдяки цьому циліндри та ротори можна виконати уніфікованими і, таким чином, спростити та здешевити виготовлення двигуна

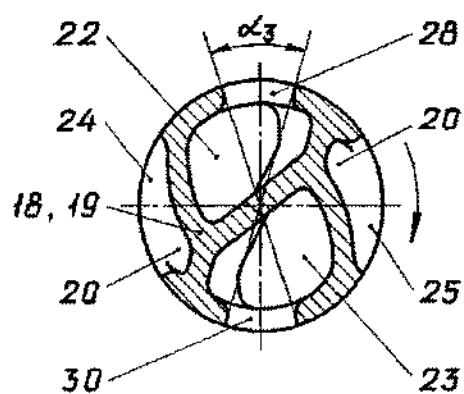


Фіг. 1

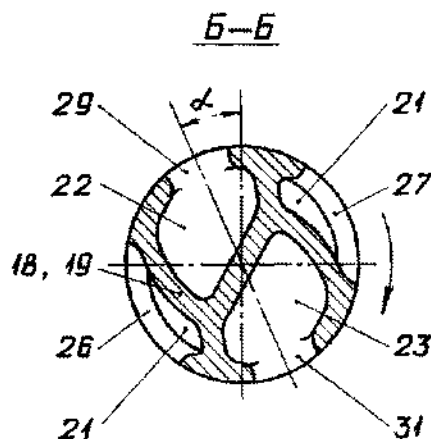


Фіг. 2

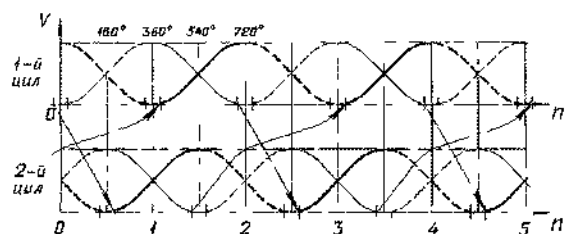
A-A



Фіг. 3

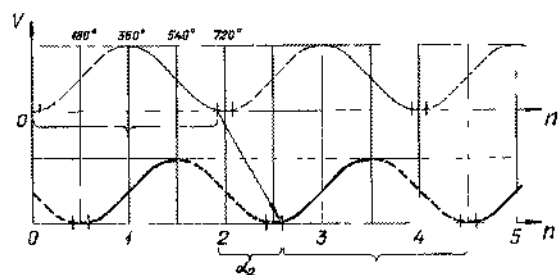


Фіг. 4

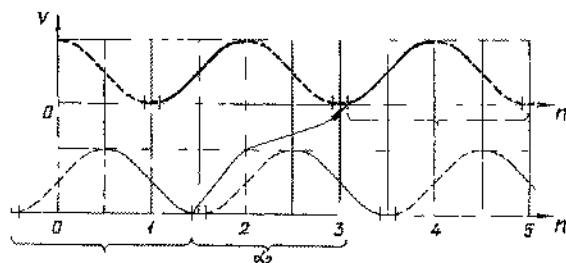


----- Впуск      ----- Сжатие  
 ————— Рабочий ход      ----- Выпуск

Фіг. 5



Фіг. 6



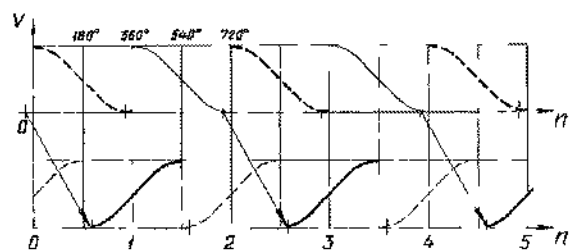
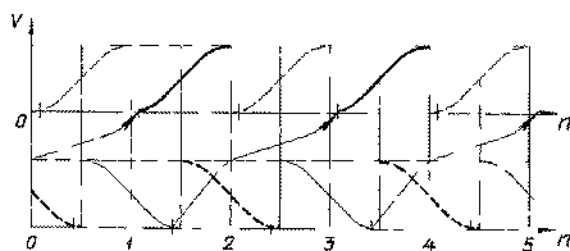
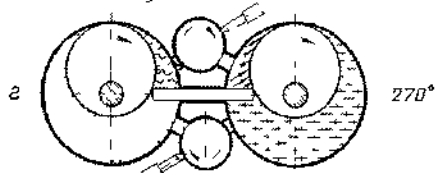
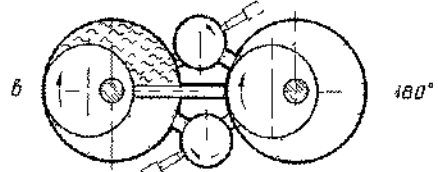
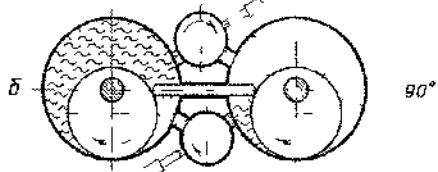
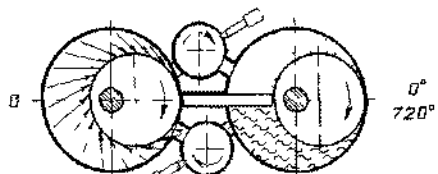
Фіг. 7



17

45445

18

 $\Phi_{12} \text{ в}$  $\Phi_{12} \text{ г}$  $\Phi_{12} \text{ д}$ 

Впуск



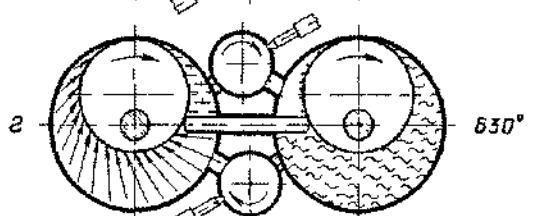
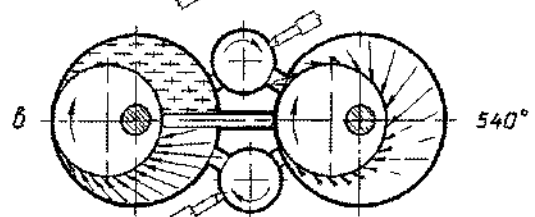
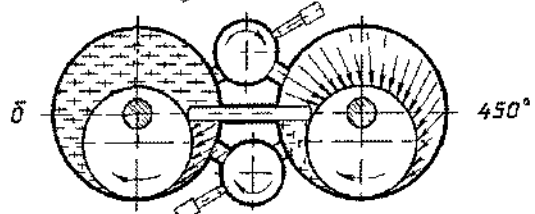
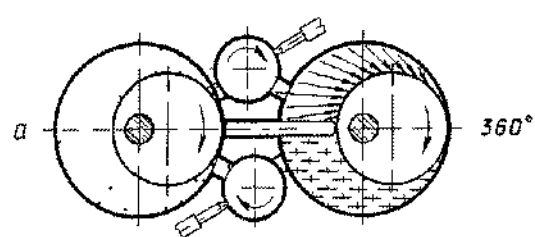
Сжатие



Рабочий ход



Выпуск

 $\Phi_{12} \text{ и}$ 

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)

вул Сім і Хохлових 15 м Київ 04119 Україна

(044) 456 – 20 – 90

ТОВ Міжнародний науковий комітет

вул Артема 77 м Київ 04050 Україна

(044) 216 – 32 – 71