



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 91021

(13) C2

(51) МПК (2009)

A61M 5/32

A61M 5/20

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

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ІН'ЄКЦІЙ (ВАРІАНТИ)

1

(21) a200613629

(22) 27.05.2005

(24) 25.06.2010

(86) PCT/GB2005/002117, 27.05.2005

(31) 0412056.4

(32) 28.05.2004

(33) GB

(46) 25.06.2010, Бюл.№ 12, 2010 р.

(72) БАРРОУ-ВІЛЬЯМС ТІМ, GB, БРАДІ МЕТЬЮ,
GB, ДЖОНСТОН ДЕВІД, GB, ГАРРИСОН НАЙ-
ДЖЕЛ, GB

(73) СІЛАГ ГМБХ ІНТЕРНЕТШНЛ, СН

(56) WO 03/092771, 13.11.2003

US 4561856, 31.12.1985

WO 03/097133, 27.11.2003

US 4744786, 17.05.1988

(57) 1. Пристрій для ін'єкцій, який містить:

корпус, призначений для розміщення в ньому шприца, що має випускний отвір, причому корпус містить засоби зміщення шприца з висунутого положення, у якому випускний отвір виступає з корпусу, у втягнене положення, в якому випускний отвір знаходиться усередині корпусу;

виконавчий механізм;

привід, який приводиться у дію виконавчим механізмом, виконаний з можливістю діяти на шприц, випускаючи його вміст через випускний отвір;

розчіпний механізм, який приводиться у дію при зайнятті приводом номінального положення розчеплення, виконаний з можливістю запобігання дії першого компонента пристрою на другий компонент;

механізм вивільнення, виконаний з можливістю приводитися у дію за умови, коли перший компонент досягає номінального положення вивільнення по відношенню до другого, виконаний з можливістю повертання шприца в його втягнене положення засобами зміщення; і

високов'язку рідину, яка амортизує рух першого компонента по відношенню до другого таким чином, що вивільнення шприца затримується після приведення в дію розчіпного механізму.

2. Пристрій для ін'єкцій за п. 1, який відрізняється тим, що перший та другий компоненти пристрою є першим та другим елементами приводу, причому на перший діє виконавчий механізм, а другий діє на шприц, переміщуючи його з

2

втягнутого положення у висунуте положення та випускаючи його вміст через випускний отвір, причому перший привідний елемент виконаний з можливістю рухатися по відношенню до другого, коли на перший діє виконавчий механізм, а останній утримується шприцом.

3. Пристрій для ін'єкцій за п. 2, який відрізняється тим, що містить резервуар, утворений частково першим привідним елементом і частково другим привідним елементом, причому об'єм резервуара зменшується, коли перший привідний елемент рухається по відношенню до другого під дією виконавчого механізму, а резервуар містить високов'язку рідину та має відповідний отвір, через який рідина витікає при зменшенні об'єму резервуара.

4. Пристрій для ін'єкцій, який містить:

корпус, призначений для розміщення в ньому шприца, що має випускний отвір, причому корпус містить засоби зміщення шприца з висунутого положення, у якому випускний отвір виступає з корпусу, у втягнене положення, в якому випускний отвір знаходиться усередині корпусу;

виконавчий механізм;

перший привідний елемент, виконаний з можливістю взаємодії з виконавчим механізмом, та другий привідний елемент, виконаний з можливістю взаємодії зі шприцом, переміщуючи його з втягнутого положення у висунуте положення та випускаючи його вміст через випускний отвір, причому перший привідний елемент є здатним рухатися по відношенню до другого, коли на перший діє виконавчий механізм, а останній утримується шприцом;

резервуар, утворений частково першим привідним елементом і частково другим привідним елементом, причому резервуар містить високов'язку рідину та має відповідний отвір, через який рідина витікає при зменшенні об'єму резервуара, коли перший привідний елемент рухається по відношенню до другого під дією виконавчого механізму; механізм вивільнення, виконаний з можливістю приводитися у дію за умови, коли перший привідний елемент переміщується в номінальне положення вивільнення, виконаний з можливістю повертання шприца в його втягнене положення засобами зміщення; і

(13) C2

(11) 91021

(19) UA

зчеплення, що перешкоджає першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого доти, поки вони не будуть переміщені в номінальне положення розчеплення, яке є ближчим, ніж номінальне положення вивільнення.

5. Пристрій для ін'єкцій за п. 4, який **відрізняється** тим, що зчеплення містить розчіпний механізм, який приводиться в дію, коли привідні елементи будуть переміщені в номінальне положення розчеплення.

6. Пристрій для ін'єкцій за будь-яким з пп. 3-5, який **відрізняється** тим, що

зчеплення є третім привідним елементом, який діє на перший та другий привідні елементи; розчіпний механізм призначений для роз'єднання третього привідного елемента від другого таким чином, що третій привідний елемент вже не діє на нього після досягнення номінального положення розчеплення, тим самим дозволяючи першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого; і

механізм вивільнення, призначений для роз'єднання третього привідного елемента від першого таким чином, що третій привідний елемент вже не діє на нього після досягнення номінального положення вивільнення, тим самим звільняючи шприц від дії виконавчого механізму.

7. Пристрій для ін'єкцій за будь-яким з пп. 3-5, який **відрізняється** тим, що

зчеплення містить взаємодіючі засоби першого та другого привідних елементів, що дозволяють першому діяти на другий;

розчіпний механізм призначений для роз'єднання першого привідного елемента від другого таким чином, що перший привідний елемент вже не діє на другий після досягнення номінального

положення розчеплення, тим самим дозволяючи першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого; і

механізм вивільнення призначений для роз'єднання першого привідного елемента з виконавчим механізмом таким чином, що виконавчий механізм вже не діє на нього після досягнення номінального положення вивільнення, тим самим звільняючи шприц від дії виконавчого механізму.

8. Пристрій для ін'єкцій за будь-яким з пп. 3-7, який **відрізняється** тим, що відповідний отвір виконаний з можливістю сполучатися зі збірною камерою, утвореною одним привідним елементом, у якій збирається витічна рідина.

9. Пристрій для ін'єкцій за будь-яким з пп. 3-8, який **відрізняється** тим, що один привідний елемент містить шток, а інший містить внутрішній канал, відкритий з одного кінця для входження штока, причому канал та шток утворюють у такий спосіб резервуар рідини.

10. Пристрій для ін'єкцій за п. 8, який **відрізняється** тим, що один привідний елемент містить шток та має відповідний отвір і збірну камеру, а інший привідний елемент містить внутрішній канал, відкритий з одного кінця для входження штока та закритий з іншого, причому канал та шток утворюють у такий спосіб резервуар рідини.

11. Пристрій для ін'єкцій за п. 8 або п. 10, який **відрізняється** тим, що збірна камера утворена внутрішнім каналом в одному елементі, який є відкритим з одного кінця та закритим з іншого, за винятком відповідного отвору.

12. Пристрій для ін'єкцій за будь-яким з пп. 2-11, який **відрізняється** тим, що один привідний елемент є першим привідним елементом.

Даний винахід стосується пристрою для ін'єкцій, який належить до типу пристроїв, до яких вставляється шприць, і які його відтягують, випускають його вміст, а потім автоматично витягують. Пристрої загалом такого типу описані в WO 95/35126 та EP-A-0516473 і звичайно використовують привідну пружину та який-небудь розчіпний механізм, що вивільняє шприць з-під впливу привідної пружини після того, як він вважається спорожненим, щоб дати змогу витягти його зворотній пружині.

Однак, у пристроях такого типу виникають проблеми, які роблять важким забезпечення як повного випускання вмісту шприца, так і надійного вивільнення шприца від привідної пружини. Через сумування допусків для різних компонентів пристрою, має бути вбудований певний запас надійності при активації розчіпного механізму для забезпечення його ефективності. Наслідком недооцінки запасу надійності є те, що розчіпний механізм може не спрацювати навіть після випускання вмісту шприца, що є незадовільним для пристрою, який має витягуватися автоматично, особливо у випадку ліків, призначених для самос-

тійного введення. З іншого боку, переоцінка запасу безпеки може означати, що деяка частина вмісту шприца буде випускатися вже після витягнення шприца, що призводитиме, по-перше, до зменшення дози, а по-друге, до так званої "мокрої" ін'єкції. Мокрі ін'єкції є небезпечними для вибагливих осіб, особливо у зв'язку з ліками, призначеними для самостійного введення.

Патентні заявки Великобританії №0210123, 0229384 та 0325596 описують ряд пристроїв для ін'єкцій, розрахованих на вирішення цієї проблеми. Кожний з них використовує оригінальне рішення для затримання вивільнення шприца не певний період часу після активації розчіпного механізму з метою забезпечення повного спорожнення шприца. Пристрої, описані у патентній заявці Великобританії №0325596, використовують механізм затримки з гідравлічним демпфером, який є особливо ефективним для забезпечення повного випускання вмісту шприца, але створює власні проблеми. По-перше, використання механізму затримки з гідравлічним демпфером вимагає створення непроникного для рідини резервуара. Таким чином, виробничі допуски цих компонентів,

що утворюють резервуар рідини, мають бути малими, або треба використовувати ущільнення для запобігання витікання рідини до завершення її функції. По-друге, витікання рідини з її резервуара є небажаним навіть після приведення пристрою в дію, тому що це може призвести до створення враження мокрої ін'єкції, або до враження протікання вмісту шприца у пристрої. Обидві ці можливості не сприятимуть спокійному настрою користувачів, які вводять ліки самостійно. Крім того, потрібні точні допуски або ущільнення, які збільшують вартість виробництва. Для пристроїв для ін'єкцій, що мають бути одноразового використання, як це часто буває, важлива кожна копійка.

Пристрої для ін'єкцій за даним винаходом використовують механізм затримки з гідравлічним демпфером, але не мають жодного з його описаних вище недоліків, як буде пояснено далі.

Пристрій для ін'єкцій відповідно до першого аспекту даного винаходу містить:

корпус, призначений для розміщення в ньому шприца, що має випускний отвір, причому корпус містить засоби зміщення шприца з висунутого положення, в якому випускний отвір виступає з корпусу, у втягнене положення, в якому випускний отвір знаходиться усередині корпусу; виконавчий механізм;

привід, на який діє виконавчий механізм і який, у свою чергу, діє на шприца для його переміщення з втягнутого положення у висунуте положення та випускання його вмісту через випускний отвір;

розчіпний механізм, який приводиться в дію, коли привід буде переміщений в номінальне положення розчеплення, для роз'єднання першого компонента пристрою від другого компонента, після чого перший компонент пристрою може рухатися по відношенню до другого компонента;

вивільнення механізм, який приводиться в дію, коли перший компонент досягне номінального положення вивільнення по відношенню до другого, для звільнення шприца від дії виконавчого механізму, після чого засоби зміщення повертають шприців його втягнене положення; і

високов'язка рідина, яка амортизує рух першого компонента по відношенню до другого, так що вивільнення шприца затримується після приведення в дію розчіпного механізму для забезпечення випускання решти вмісту шприца до вивільнення шприца.

Затримка між активацією розчіпного механізму та активацією механізму вивільнення використовується для компенсації будь-якого можливого сумування допусків. Хоч приведення в дію розчіпного механізму може бути розраховане відбуватися до повного випускання вмісту шприца затримку вибирають таким чином, щоб, для усіх варіацій в межах передбачуваних допусків компонентів, вивільнення шприца не відбувається доти, поки його вміст не буде повністю випущений. Таким чином, стає можливим забезпечити, щоб вміст шприца був випущений до того, як він буде втягненим, без необхідності дотримуватися нереалістично точних допусків.

"Високов'язкою рідиною" тут називається рідина, яка при 25°C має динамічну в'язкість 3000 сан-

типуаз чи більше. Фахівцям відомі способи визначення динамічної в'язкості як ньютонівських рідин, які є кращими за даним винаходом, так і ньютонівських рідин. ISO 3219:1993 при 1600с⁻¹ є таким методом. Кращий метод, який є застосовним до як ньютонівських, так і ньютонівських рідин, описаний в додатку до цієї заявки. Цей метод дає середнє значення динамічної в'язкості при швидкостях зсуву, які визначаються в залежності від випробного апарата та досліджуваної рідини, і є відтворюваними.

Значне поліпшення може бути одержане для рідин, які при 25°C мають динамічну в'язкість 6000 сантипуаз чи більше, ще краще, 12000 сантипуаз чи більше. Кращою рідиною є силіконове мастило та герметик для клапанів DOW CORNING 111 Silicone Compound, яке при 25°C має динамічну в'язкість приблизно 12500 сантипуаз.

Оскільки високов'язка рідина, за визначенням, має високий опір течії, вдається уникнути певних обмежень. По-перше, вже не треба створювати повністю непроникний для рідини резервуар, оскільки дефекти на границях резервуара не будуть створювати шляхів для витікання рідини, яка не тече за звичайних умов. Таким чином, виробничі допуски для цих компонентів, що утворюють резервуар рідини, не повинні бути точними і не потребують використання ущільнення. По-друге, уявно мокрі ін'єкції та враження можливого протікання вмісту шприца у пристрої вже не є проблемами, оскільки високов'язка рідина не буде витікати в достатньому ступені для того, щоб створити таке враження.

Для зменшення числа компонентів та забезпечення компактності пристрою для ін'єкцій, перший та другий компоненти пристрою можуть бути представлені першим та другим елементами приводу, на перший з яких діє виконавчий механізм, і другий діє на шприць, причому перший привідний елемент є здатним рухатися по відношенню до другого, коли на перший діє виконавчий механізм, а останній утримується шприцем. Як буде вказано, відносний рух першого та другого привідних елементів, який амортизується високов'язкою рідиною, створюється виконавчим механізмом. Використання виконавчого механізму у такий спосіб забезпечує мале число компонентів.

Резервуар для високов'язкої рідини може бути утворений частково першим привідним елементом та частково другим привідним елементом, причому об'єм резервуара намагається зменшитися, коли перший привідний елемент рухається по відношенню до другого під дією виконавчого механізму, резервуар містить високов'язку рідину та має відповідний отвір, через який рідина витікає при зменшенні об'єму резервуара. Це, можливо, забезпечує найпростішу та найбільш компактную реалізацію рідинного амортизаційного механізму з використанням високов'язкої рідини.

Пристрій для ін'єкцій відповідно до другого аспекту даного винаходу містить: корпус, призначений для розміщення в ньому шприца, що має випускний отвір, причому корпус містить засоби зміщення шприца з висунутого положення, у якому випускний отвір виступає з корпусу, у втягнене

положення, в якому випускний отвір знаходиться усередині корпусу; виконавчий механізм;

перший та другий привідні елементи, на перший з яких діє виконавчий механізм, і другий діє на шприць, переміщуючи його з втягнутого положення у висунуте положення та випускаючи його вміст через випускний отвір, причому перший привідний елемент є здатним рухатися по відношенню до другого, коли на перший діє виконавчий механізм, а останній утримується шприцем;

резервуар, утворений частково першим привідним елементом і частково другим привідним елементом, причому об'єм резервуара намагається зменшитися, коли перший привідний елемент рухається по відношенню до другого під дією виконавчого механізму, резервуар містить високов'язку рідину та має відповідний отвір, через який рідина витікає при зменшенні об'єму резервуара; і

механізм вивільнення, який приводиться в дію, коли перший привідний елемент буде переміщений в номінальне положення вивільнення, і призначений для звільнення шприця від дії виконавчого механізму, після чого засоби зміщення повертають шприць в його втягнуте положення.

В цьому аспекті винаходу, враховується той факт, що коли високов'язка рідина амортизує відносний рух двох елементів приводу, роз'єднання двох привідних елементів не повинно обов'язково здійснюватися механізмом вивільнення. Існують інші можливості, включаючи використання двох компонентів, які мають ламке зчеплення або ніякого зчеплення крім того, що створюється статичним тертям між двома компонентами. Тим не менш, затримка між розчепленням привідних елементів та активацією механізму вивільнення існує та використовується, як описано вище.

Таким чином, пристрій для ін'єкції може далі включати зчеплення, яке перешкоджає першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого доти, поки вони не будуть переміщені в номінальне положення розчеплення, яке є ближчим, ніж зазначене номінальне положення вивільнення. Зчеплення може і, краще, містити розчіпний механізм, який приводиться в дію, коли привідні елементи будуть переміщені в зазначене номінальне положення розчеплення.

Конкретно запропоновані дві форми зчіпного та розчіпного механізмів, хоч визнається існування інших можливостей. У своїй першій формі, зчеплення є третім привідним елементом, який діє на перший та другий привідні елементи. В цьому випадку, розчіпний механізм призначений для роз'єднання третього привідного елемента від першого таким чином, що третій привідний елемент вже не діє на нього після досягнення зазначеного номінального положення розчеплення, тим самим дозволяючи першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого, і розчіпний механізм, призначений для роз'єднання третього привідного елемента від першого таким чином, що третій привідний елемент вже не діє на нього після досягнення зазначеного номінального положення вивільнення, тим самим звільняючи шприць від дії виконавчого механізму.

В його другій формі, зчеплення містить взаємодіючі засоби першого та другого привідних елементів, які дозволяють першому діяти на другий. В цьому випадку, розчіпний механізм призначений для розчеплення першого привідного елемента від другого таким чином, щоб перший привідний елемент вже не діяв на другий після досягнення зазначеного номінального положення розчеплення, тим самим дозволяючи першому привідному елементу рухатися по відношенню до другого, і механізм вивільнення призначений для роз'єднання першого привідного елемента від виконавчого механізму таким чином, щоб виконавчий механізм вже не діяв на нього після досягнення зазначеного номінального положення вивільнення, тим самим звільняючи шприць від дії виконавчого механізму.

Загалом, для простоти виробництва деталей компонентів формуванням литтям під тиском, один привідний елемент може включати шток, а інший - внутрішній канал, відкритий з одного кінця для входження штока, причому канал та шток таким чином утворюють резервуар рідини.

Для додаткового зниження можливості уявної мокрої ін'єкції або враження протікання вмісту шприця у пристрої, відповідний отвір може сполучатися зі збірною камерою, утвореною одним привідним елементом, у якій збирається рідина, що витікає. В цьому випадку, для простоти виробництва, один привідний елемент, краще, містить шток та утворює відповідний отвір та збірну камеру, а інший привідний елемент містить внутрішній канал, відкритий з одного кінця для входження штока та закритий з іншого, причому канал та шток таким чином утворюють резервуар рідини. Знов, для більшої простоти виробництва методом лиття під тиском, збірна камера може бути утворена внутрішнім каналом в зазначеному одному елементі, який є відкритим з одного кінця та закритим з іншого, за винятком відповідного отвору.

Винахід буде далі описаний як приклад з посиланнями на супровідні креслення, на яких:

Фіг.1 є схематичним зображенням першого варіанта втілення; Фіг.2 є другим варіантом; і Фіг.3 аналогічно є третім варіантом втілення.

Фіг.1 зображує пристрій для ін'єкції 10, у якому корпус 12 містить шприць для підшкірних ін'єкцій 14. Шприць 14 належить до звичайного типу і містить корпус шприця 16, який закінчується з одного кінця голкою для підшкірних ін'єкцій 18 а з другого - фланцем 20, та резинову пробку 22, що утримує призначений для введення лікарської засіб 24 у корпусі шприця 16. Звичайний поршень, нормально приєднаний до пробки 22 та використовуваний для введення вмісту шприця 14 вручну, був видалений та замінений на привідний елемент, як буде описано далі.

Хоч зображений шприць належить до підшкірного типу, це не є обов'язковим. Черезшкірні або балістичні дермальні та підшкірні шприці також можуть бути використані з пристроєм для ін'єкцій за даним винаходом. Загалом, шприць повинен включати випускний отвір, який у шприця для підшкірних ін'єкцій є голкою 18. Як показано, корпус містить зворотну пружину 26, яка зміщує шприць 14 з висунутого положення, у якому голка 18 ви-

ступає з отвору 28 у корпусі 12, у втягнене положення, в якому випускний отвір 18 знаходиться у середині корпусу 12.

З іншого кінця корпусу розташований виконавчий механізм, який в даному випадку має форму привідної пружини стиснення 30. Привідне зусилля від привідної пружини 30 передається через багатокомпонентний привід шприца 14, переміщаючи його з втягненого положення у висунуте положення та випускаючи його вміст через голку 18. Привід виконує цю задачу, діючи на пробку 22. Статичне тертя між пробкою 22 та корпусом шприца 16 спочатку забезпечує, щоб пробка 22 та корпус 16 переміщалися разом доти, поки зворотна пружина 26 не досягне кінцевого положення або корпус шприца 16 не зустрине якої-небудь іншої перешкоди (не показана), що зупинить його рух.

Багатокомпонентний привід між привідною пружиною 30 та шприцем 14 складається з трьох основних компонентів. На перший привідний елемент 32 та другий привідний елемент 34 обидва діє третій привідний елемент 36, на внутрішній виступ 38 якого діє привідна пружина 30. Таким чином, привідна пружина 30 примушує рухатися третій привідний елемент 36, який, у свою чергу, примушує перший та другий привідні елементи 32, 34 рухатися тандемом. Третій привідний елемент 36 зчеплений з першим та другим привідними елементами 32, 34 за допомогою відповідних кулькових заскочок 52, 54, які будуть описані далі.

Перший привідний елемент 32 містить пустотілий шток 40, внутрішня порожнина якого утворює збірну камеру 42, що сполучається з відвідним отвором 44, що відходить від збірної камери через кінець штока 40. Другий привідний елемент 34 містить внутрішній канал 46, відкритий з одного кінця для входження штока 40 та закритий з іншого. Як можна побачити, канал 46 та шток 40 утворюють резервуар рідини 48, в якому міститься високов'язка рідина.

Пусковий механізм 50 розташований на кінці корпусу 12, дальньому від вихідного отвору 28 для голки для підшкірних ін'єкцій 18. Пусковий механізм, при приведенні в дію, розчіплює третій привідний компонент 36 від корпусу 12, дозволяючи йому рухатися по відношенню до корпусу 12 під дією привідної пружини 30. Після цього пристрій працює у наступний спосіб.

Спочатку, привідна пружина 30 переміщає третій привідний елемент 36, а третій привідний елемент 36 приводить в рух перший та другий привідні елементи 32, 34, діючи через кулькові заскочки 52, 54. Другий привідний елемент 34 переміщує резинову пробку 22, яка за рахунок статичного тертя та гідростатичних сил, що діють через призначений для введення лікарський засіб 24, переміщує корпус шприца 16 проти напрямку дії зворотної пружини 26. Зворотна пружина 26 стискується і голка для підшкірних ін'єкцій 18 висувається з вихідного отвору 28 корпусу 12. Це триває доти, поки зворотна пружина 26 не досягне кінцевого положення або корпус шприца 16 не зустрине якої-небудь іншої перешкоди (не показана), що зупинить його рух. Оскільки статичне тертя між пробкою 22 та корпусом шприца 16 і гідростатичні

сили, що діють через призначений для введення лікарський засіб 24, є недостатніми для того, щоб чинити опір повній привідній силі, створюваній привідною пружиною 30, пробка 22 починає в цей момент рухатися у корпусі шприца 16 і лікарський засіб 24 починає випускатися. Динамічне тертя між пробкою 22 та корпусом шприца і гідростатичні та гідродинамічні сили, що діють тепер через призначений для введення лікарський засіб 24, є, однак, достатніми для утримування відтягнутої пружини 26 в стисненому стані, так що голка для підшкірних ін'єкцій 18 залишається висунутою.

Перед тим, як пробка 22 досягає кінця свого робочого ходу у корпусі шприца 16, тобто, до повного спорожнення вмісту шприца, кулькова заскочка 54, що зчіплює третій привідний елемент 36 з другим привідним елементом 34, досягає ділянки 56 корпусу 12, у якій внутрішній діаметр корпусу 12 збільшується. Кульки в кульковій заскочці 54 рухаються убік назовні із зображеного положення в положення, у якому вони вже не зчіплюють третій привідний елемент 36 з другим привідним елементом 34, за допомогою скошених поверхонь на другому привідному елементі 34, до яких вони нормальню щільно притиснені внутрішньою поверхнею корпусу 12. Після цього, третій привідний елемент 36 вже не діє на другий привідний елемент 34, дозволяючи першому та третьому привідним елементам 32, 36 рухатися по відношенню до другого привідного елемента 34.

Через те, що високов'язка рідина міститься у резервуарі 48, утвореному між кінцем першого привідного елемента 32 та внутрішнім каналом 46 в другому привідному елементі 34, об'єм резервуара 46 буде зменшуватися, коли перший привідний елемент 32 рухається по відношенню до другого привідного елемента 34 під дією привідної пружини 30. При зменшенні об'єму резервуара 48, високов'язка рідина виштовхується через відвідний отвір 44 до збірної камери 42. Таким чином, після вивільнення кулькової заскочки 54, певна частина сили, створюваної привідною пружиною, діє на високов'язку рідину, примушуючи її витікати через звуження, утворене відвідним отвором 44; а решта діє гідростатично через рідину та за допомогою тертя між першим та другим привідними елементами 32, 34, отже, через другий привідний елемент 34, на пробку 22. Втрати, асоційовані з витіканням високов'язкої рідини, не зменшують в значному ступені силу, що діє на корпус шприца. Таким чином, зворотна пружина 26 залишається стисненою та голка для підшкірних ін'єкцій залишається висунутою.

Було знайдено, що для високов'язкої рідини, що має динамічну в'язкість 12000 сантистокс чи більше, відвідний отвір 44 може складатися з круглого отвору діаметром 0,7мм. Це є відносно великим діаметром, який легко сформувати за допомогою звичайних методів формування литтям під тиском. Менш в'язкі рідини потребують менших отворів, а більш в'язкі потребують більших отворів. Витікання такої рідини під тиском через такі відвідні отвори 44 ефективно амортизує рух першого та другого привідних елементів 32, 34 по відношенню один до одного. Більш того, така рідина опираєть-

ся течії в такому ступені, що вона не буде, під власною вагою, витікати з відкритого кінця збірної камери 42. Таким чином, збірна камера 42 не повинна бути закритою з кінця, дальнього від відвідного отвору 44, що спрощує виробництво першого привідного елемента 32 формуванням методом лиття під тиском.

Через якийсь час, пробка 22 завершує свій робочий хід у корпусі шприца 16 і не може рухатися далі. В цей момент, вміст шприца 14 є повністю спорожненим і сила, створювана привідною пружиною 30, утримує пробку 22 в її кінцевому положенні та продовжує примушувати високов'язку рідину витікати через відвідний отвір, дозволяючи першому привідному елементу 32 продовжувати свій рух.

Перед тим, як резервуар 48 рідини буде спорожненим, кулькова заскочка 52, що зчіплює третій привідний елемент 36 з першим привідним елементом 32, досягає ділянки 56 корпусу 12, у якій внутрішній діаметр корпусу 12 збільшується. Кульки у кульковій заскочці 52 рухаються убік назовні із зображеного положення у положення, в якому вони вже не зчіплюють третій привідний елемент 36 з першим привідним елементом 32, за допомогою скошених поверхонь на першому привідному елементі 32, до якого вони нормально щільно притиснені внутрішньою поверхнею корпусу 12. Після цього, третій привідний елемент 36 вже не діє на перший привідний елемент 32, дозволяючи першому та третьому привідним елементам 32, 36 рухатися по відношенню один до одного. В цей момент, зрозуміло, шприць 14 є вивільненим, тому що сили, створювані привідною пружиною 30, вже не передаються шприцю 14, і єдиною силою, що діє на шприць, буде відтяжна сила зворотної пружини 26. Таким чином, шприць 14 тепер повертається в його втягнене положення і цикл ін'єкції завершується.

Фіг.2 зображує інший пристрій для ін'єкції 110, у якому корпус 112 містить шприць для підшкірних ін'єкцій 114. Шприць 114 знов належить до звичайного типу і містить корпус шприца 116, який закінчується з одного кінця голкою для підшкірних ін'єкцій 118, а з другого - фланцем 120. Звичайний поршень, що нормально використовується для випускання вмісту шприца 114 вручну, був видалений та замінений на привідний елемент 134, як буде описано далі, який закінчується пробкою 122. Пробка 122 утримує призначений для введення лікарський засіб 124 у корпусі шприца 116. Хоч зображений шприць належить до підшкірного типу, це не є обов'язковим. Як показано, корпус містить зворотну пружину 126, яка зміщує шприць 114 з висунутого положення, у якому голка 118 виступає з отвору 128 у корпусі 112, у втягнене положення, в якому випускний отвір 118 знаходиться усередині корпусу 112. Зворотна пружина 126 діє на шприць 114 через втулку 127.

З іншого кінця корпусу розташований виконавчий механізм, який в даному випадку має форму привідної пружини стиснення 130. Привідне зусилля від привідної пружини 130 передається через багатокомпонентний привід шприцю 114, переміщуючи його з втягнутого положення у висунуте

положення та випускаючи його вміст через голку 118. Привід виконує цю задачу, діючи безпосередньо на лікарський засіб 124 та шприць 114. Гідростатичні сили, що діють через лікарський засіб і, в меншому ступені, статичне тертя між пробкою 122 та корпусом шприца 116, спочатку забезпечують, щоб вони переміщалися разом доти, поки зворотна пружина 126 не досягне кінцевого положення, або поки корпус шприца 116 не зустрінє якої-небудь іншої перешкоди, що зупинить його рух.

Багатокомпонентний привід між привідною пружиною 130 та шприцем 114 складається з трьох основних компонентів. Привідна втулка 131 приймає привідне зусилля від привідної пружини 130 та передає його гнучким защіпним лапкам 133 на першому привідному елементі 132. Він, у свою чергу, передає привідне зусилля через гнучкі защіпні лапки 135 другому привідному елементу - вже згаданому привідному елементу 134.

Перший привідний елемент 132 містить пустотілий шток 140, внутрішня порожнина якого утворює збірну камеру 142, що сполучається з відвідним отвором 144, який відходить від збірної камери через кінець штока 140. Другий привідний елемент 134 містить внутрішній канал 146, відкритий з одного кінця для входження штока 140, та закритий з іншого. Як можна побачити, канал 146 та шток 140 утворюють резервуар рідини 148, у якому знаходиться високов'язка рідина.

Пусковий механізм (не показаний) розташований посередині корпусу 112. Пусковий механізм, при приведенні в дію, роз'єднує привідну втулку 131 від корпусу 112, дозволяючи їй рухатися по відношенню до корпусу 112 під дією привідної пружини 130. Після цього пристрій працює у наступний спосіб.

Спочатку, привідна пружина 130 приводить в рух привідну втулку 131, привідна втулка 131 приводить в рух перший привідний елемент 32 і перший привідний елемент 132 приводить в рух другий привідний елемент 134, в кожному разі діючи через гнучкі защіпні лапки 133, 135. Другий привідний елемент 134 переміщується і, за рахунок статичного тертя та гідростатичних сил, що діють через призначений для введення лікарський засіб 124, переміщує корпус шприца 116 проти напрямку дії зворотної пружини 126. Зворотна пружина 126 стискується і голка для підшкірних ін'єкцій 118 висувається з вихідного отвору 128 корпусу 112. Це триває доти, поки зворотна пружина 126 не досягне кінцевого положення, або корпус шприца 116 не зустрінє якої-небудь іншої перешкоди, що зупинить його рух. Оскільки статичне тертя між другим привідним елементом 134 та корпусом шприца 116 і гідростатичні сили, що діють через призначений для введення лікарський засіб 124, є недостатніми для того, щоб чинити опір повній привідній силі, створюваній привідною пружиною 130, другий привідний елемент 134 починає в цей момент рухатися у корпусі шприца 116 і лікарський засіб 124 починає випускатися. Динамічне тертя між другим привідним елементом 134 та корпусом шприца 116 і гідростатичні сили, що діють через призначений для введення лікарський засіб 124, є, однак, достатніми для утримування відтяжної пружини

жини 126 в стисненому стані, таким чином, щоб голка для підшкірних ін'єкцій 118 залишалася висунутою.

Перед тим, як другий привідний елемент 134 досягає кінця свого робочого ходу у корпусі шприца 116, тобто, до повного спорожнення вмісту шприца, гнучкі защіпні лапки 135, які з'єднують перший та другий привідні елементи 132, 134, досягають звуження 137 у корпусі 112. Звуження 137 переміщує гнучкі защіпні лапки 135 досередини із зображеного положення в положення, у якому вони вже не зчіплюють перший привідний елемент 136 з другим привідним елементом 134, за допомогою скошених поверхонь звуження 137. Після цього, перший привідний елемент 136 вже не діє на другий привідний елемент 134, дозволяючи першому привідному елементу 132 рухатися по відношенню до другого привідного елемента 134.

Оскільки високов'язка рідина міститься в резервуарі 148, утвореному між кінцем першого привідного елемента 132 та внутрішнім каналом 146 в другому привідному елементі 134, об'єм резервуара 146 буде зменшуватися, коли перший привідний елемент 132 буде рухатися по відношенню до другого привідного елемента 134 під дією привідної пружини 130. При стисненні резервуара 148, високов'язка рідина виштовхується через відповідний отвір 144 до збірної камери 142. Таким чином, після вивільнення гнучких защіпних лапок 135, сила, створювана привідною пружиною 130, діє на високов'язку рідину, примушуючи її витікати через звуження, утворене відповідним отвором 144, і діє гідростатично через рідину та за допомогою тертя між першим та другим привідними елементами 132, 134, отже, через другий привідний елемент 134. Втрати, асоційовані з витіканням високов'язкої рідини, в значному ступені не зменшують силу, що діє на корпус шприца. Таким чином, зворотна пружина 126 залишається стисненою і голка для підшкірних ін'єкцій залишається висунутою.

Через якийсь час, другий привідний елемент 134 завершує свій робочий хід у корпусі шприца 116 і не може рухатися далі. В цей момент, вміст шприца 114 є повністю спорожненим і сила, створювана привідною пружиною 130, утримує другий привідний елемент 134 в його кінцевому положенні та продовжує примушувати високов'язку рідину витікати через відповідний отвір 144, дозволяючи першому привідному елементу 132 продовжувати свій рух.

Перед тим, як резервуар 148 рідини спорожніє, гнучкі защіпні лапки 133, що зчіплюють привідну втулку 131 з першим привідним елементом 132, досягають іншого звуження 139 у корпусі 112. Звуження 139 переміщує гнучкі защіпні лапки 133 досередини із зображеного положення в положення, у якому вони вже не зчіплюють привідну втулку 131 з першим привідним елементом 132, за допомогою скошених поверхонь звуження 139. Після цього, привідна втулка 131 вже не діє на перший привідний елемент 132, дозволяючи їм рухатися по відношенню один до одного. В цей момент, зрозуміло, шприці 114 вивільняються, тому що сили, створювані привідною пружиною 130, вже не передаються шприц 114, і єдиною силою, що діє

на шприца, буде відтяжна сила зворотної пружини 126. Таким чином, шприц 114 тепер повертається в своє втягнене положення і цикл ін'єкції завершується.

Все це відбувається, зрозуміло, тільки після зняття ковпачка 111 з кінця корпусу 112. Як можна побачити на Фіг.3, кінець шприца герметично закритий захисним ковпачком 123. Центральне стовщення 121 кришечки, що заходить у втулку 119 при установці кришечки 111 на корпус 112, є пустотілим на кінці, а кромка 125 пустотілого кінця є скошеною на своєму передньому кінці 157, але не на задньому кінці. Таким чином, при установці кришечки 111, передній кінець 157 кромки 125 заходить за виступ 159 на захисному ковпачку 123. Однак, при видаленні кришечки 111, задній кінець кромки 125 не буде заходити за виступ 159, що означає, що захисний ковпачок 123 знімається зі шприця 114 при видаленні кришечки 111.

Фіг.3 зображує інший пристрій для ін'єкцій 210, у якому корпус 212 містить шприць для підшкірних ін'єкцій 214. Шприць 214 знов належить до звичайного типу і містить корпус шприца 216, що закінчується з одного кінця голкою для підшкірних ін'єкцій 218, аз другого - фланцем 220, та резинову пробку 222, яка утримує призначений для введення лікарського засіб 224 у корпусі шприца 216. Звичайний поршень, який нормально приєднаний до пробки 222 та використовується для випускання вмісту шприца 214 вручну, був видалений та замінений на багатокомпонентний привідний елемент, як буде описано далі. Хоч зображений шприць знов належить до підшкірного типу, це не є обов'язковим. Як показано, корпус містить зворотну пружину 226, яка зміщує шприць 214 з висунутого положення, у якому голка 218 виступає з отвору 228 у корпусі 212, у втягнене положення, в якому голка для підшкірних ін'єкцій 218 знаходиться усередині корпусу 212. Зворотна пружина 226 діє на шприц 214 через втулку 227.

З іншого кінця корпусу знаходиться привідна пружина стиснення 230. Привідне зусилля від привідної пружини 230 передається через багатокомпонентний привід шприца 214, переміщаючи його з втягненого положення у висунуте положення, та випускаючи його вміст через голку 218. Привід виконує цю задачу, діючи безпосередньо на лікарський засіб 224 та шприці 214. Гідростатичні сили, що діють через лікарський засіб 224 і, в меншому ступені, статичне тертя між пробкою 222 та корпусом шприца 216, спочатку забезпечують їхнє переміщення разом доти, поки зворотна пружина 226 не досягне кінцевого положення або корпус шприца 216 не зустріне якої-небудь іншої перешкоди, що зупинить його рух.

Багатокомпонентний привід між привідною пружиною 230 та шприцем 214 знов складається з трьох основних компонентів. Привідна втулка 231 приймає привідне зусилля від привідної пружини 230 та передає його гнучким защіпним лапкам 233 на першому привідному елементі 232. Ці елементи зображені на детальному кресленні "А". Перший привідний елемент 232, у свою чергу, передає привідне зусилля через гнучкі защіпні лапки 235 другому привідному елементу 234. Ці елементи

зображені на детальному кресленні "В". Як і раніше, перший привідний елемент 232 містить пустотілий шток 240, внутрішня порожнина якого утворює збірну камеру 242. Другий привідний елемент 234 містить внутрішній канал 246, відкритий з одного кінця для входження штока 240, та закритий з іншого. Як можна побачити, канал 246 та шток 240 утворюють резервуар рідини 248, у якому міститься високов'язка рідина.

Пусковий механізм (не показаний) розташований посередині корпусу 212. Пусковий механізм, після приведення в дію, роз'єднує привідну втулку 231 від корпусу 212, дозволяючи їй рухатися по відношенню до корпусу 212 під дією привідної пружини 230. Після цього пристрій працює у наступний спосіб.

Спочатку, привідна пружина 230 приводить в рух привідну втулку 231, привідна втулка 231 приводить в рух перший привідний елемент 232 і перший привідний елемент 232 приводить в рух другий привідний елемент 234, в кожному разі діючи через гнучкі з'єднувальні лапки 233, 235. Другий привідний елемент 234 рухається і, за рахунок статичного тертя та гідростатичних сил, що діють через призначений для введення лікарський засіб 224, переміщує корпус шприца 216 проти напрямку дії зворотної пружини 226. Зворотна пружина 226 стискується та голка для підшкірних ін'єкцій 218 висувається з вихідного отвору 228 корпусу 212. Це триває доти, поки зворотна пружина 226 не досягне кінцевого положення або корпус шприца 216 не зустріне якої-небудь іншої перешкоди, що зупинить його рух. Оскільки статичне тертя між пробкою 222 та корпусом шприца 216 і гідростатичні сили, що діють через призначений для введення лікарський засіб 224, є недостатніми для того, щоб чинити опір повній привідній силі, створюваній привідною пружиною 230, другий привідний елемент 234 починає в цей момент рухатися у корпусі шприца 216 і лікарський засіб 224 починає випускатися. Динамічне тертя між пробкою 222 та корпусом шприца 216 і гідростатичні сили, що діють через призначений для введення лікарський засіб 224, є, однак, достатніми для утримання відтяжної пружини 226 в стисненому стані, так що голка для підшкірних ін'єкцій 218 залишається висунутою.

Перед тим, як другий привідний елемент 234 досягає кінця свого робочого ходу у корпусі шприца 216, тобто, до повного спорожнення вмісту шприца, гнучкі защіпні лапки 235, які з'єднують перший та другий привідні елементи 232, 234, досягають звуження 237. Звуження 237 утворене компонентом 262, який спочатку вільно рухається по відношенню до всіх інших компонентів, але утримується між фланцем шприца 220 та додатковими гнучкими лапками 247 на другому привідному елементі 234. Ці додаткові гнучкі лапки 247 налягають на гнучкі лапки 235 на першому привідному елементі 232, за допомогою яких привідне зусилля передається другому привідному елементу 234. Фіг.3 зображує пристрій для ін'єкцій 210 в положенні, у якому додаткові гнучкі лапки 247 лише входять в контакт зі звуженням 237 в компоненті 262.

Звуження 237 переміщує додаткові гнучкі лапки 247 досередини за допомогою скошених поверхонь на обох компонентах, а додаткові гнучкі лапки 247, у свою чергу, переміщують гнучкі лапки 235, за допомогою яких привідне зусилля передається від першого привідного елемента 232 другому привідному елементу 234, досередини із зображеного положення в положення, у якому вони вже не зчіплюють разом перший та другий привідні елементи. Після цього, перший привідний елемент 232 вже не діє на другий привідний елемент 234, дозволяючи першому привідному елементу 232 рухатися по відношенню до другого привідного елемента 234.

Оскільки високов'язка рідина знаходиться в резервуарі 248, утвореному між кінцем першого привідного елемента 232 та внутрішнім каналом 246 в другому привідному елементі 234, об'єм резервуара 248 буде зменшуватися, коли перший привідний елемент 232 рухається по відношенню до другого привідного елемента 234 під дією привідної пружини 230. При стисненні резервуара 248, високов'язка рідина примушується витікати до збірної камери 242. Таким чином, після вивільнення гнучких защіпних лапок 235, сила, створювана привідною пружиною 230, діє на високов'язку рідину, примушуючи її витікати до збірної камери 242, а також діє гідростатично через рідину та за допомогою тертя між першим та другим привідними елементами 232, 234, отже, через другий привідний елемент 234. Втрати, асоційовані з витіканням високов'язкої рідини, не зменшують в значному ступені силу, що діє на корпус шприца. Таким чином, зворотна пружина 226 залишається стисненою і голка для підшкірних ін'єкцій залишається висунутою.

Через якийсь час, другий привідний елемент 234 завершує свій робочий хід у корпусі шприца 216 та не може рухатися далі. В цей момент, вміст шприца 216 є повністю спорожненим і сила, створювана привідною пружиною 230, утримує другий привідний елемент 234 в його кінцевому положенні та продовжує примушувати високов'язку рідину витікати до збірної камери 142, дозволяючи першому привідному елементу 232 продовжувати свій рух.

Фланець 270 на задньому кінці другого привідного елемента 234 нормально утримує гнучкі лапки 233 зчепленими з привідною втулкою 231. Однак, перед спорожненням резервуара 248 високов'язкої рідини, гнучкі защіпні лапки 233, що зчіплюють привідну втулку 231 з першим привідним елементом 232, переміщуються достатньо далеко уперед по відношенню до другого привідного елемента 234 для того, щоб фланець 270 увійшов в зчеплення з канавкою 272 у гнучких лапках 233, після чого він припиняє ефективно утримувати гнучкі лапки 233 зчепленими з привідною втулкою 231. Тепер, привідна втулка 231 переміщує гнучкі защіпні лапки 233 досередини із зображеного положення у положення, в якому вони вже не зчіплюють привідну втулку 231 з першим привідним елементом 232 за допомогою скошених защіпних поверхонь 274 на гнучких лапках 233. Після цього, привідна втулка 231 вже не діє на перший привід-

ний елемент 232, дозволяючи їм рухатися по відношенню один до одного. В цей момент, зрозуміло, шприц 214 вивільняється, тому що сили, створювані привідною пружиною 230, вже не передаються шприцю 214, і єдиною силою, що діє на шприці буде відтяжна сила зворотної пружини 226. Таким чином, шприц 214 повертається у втягнене положення і цикл ін'єкції завершується.

В описаних пристроях для ін'єкцій, та в будь-якому пристрої для ін'єкції відповідно до винаходу, високов'язка рідина може бути будь-якою рідиною що має відповідні властивості. Силіконове масло та силіконове мастило є прикладами рідин, що можуть бути вибрані, які мають кінематичну в'язкість 12500 сантистокс чи більше при 20°C. Крім того, вони обидва є чудовими змащувальними речовинами і силіконове мастило напевне є достатньо стійким до течії для того, щоб випадково не витікати з відкритого кінця збірної камери. Додатково, резервуар в другому привідному елементі просто заповнити перед вставлянням на місце штока першого привідного елемента. Немає потреби точно контролювати об'єм рідини, оскільки надлишок рідини буде витіснитися до збірної камери. Після цього рідина заповнить відповідний отвір та перешкоджатиме потраплянню грязі або інших забруднень, які можуть призвести до закупки.

Хоч були описані кращі амортизувальні механізми, що використовують високов'язку рідину, має бути зрозуміло, що можливі інші амортизаційні механізми з використанням високов'язкої рідини. Таким чином, високов'язка рідина може бути використана для амортизації руху інших компонентів пристрою, крім елементів, що передають шприцю привідне зусилля від виконавчого механізму приводу. Багато переваг, асоційованих з використанням високов'язкої рідини, є незалежними від інших деталей амортизаційного механізму.

Функціональна верхня межа динамічної в'язкості високов'язкої рідини визначається необхідністю для неї діяти як ефективний амортизатор. У практичних варіантах втілення даного винаходу, включаючи описані вище варіанти втілення, мало ймовірно, щоб були ефективними динамічні в'язкості, які перевищують 150000 сантипуаз. Навіть рідини з динамічними в'язкостями вище 60000 сантипуаз, по-видимому, матимуть обмежену застосовність.

Додаток

Вимірювання динамічної в'язкості

1. Вступ

Для використання в пристрої був запропонований заповнений рідиною амортизатор. Амортизатор складається з маленького каналу, заповненого рідиною, та пустотілого поршня з маленьким отвором в центрі. При прикладенні сили рідина під тиском витікає через отвір до центральної частини поршня.

Даний документ описує метод випробувань, за допомогою якого може бути визначена динамічна в'язкість рідини.

2. Опис амортизатора

3. Теоретичний опис потоку через відповідний отвір 3.1 Виведення

Наступний аналіз був застосований до ламінарного потоку рідини у вісесиметричній трубці, в даному випадку, відповідному отворі поршня. Розкладемо сили, що діють на циліндричний елемент:

$$2\pi r L \tau = \Delta P A$$

$$A = \pi r^2$$

$$\therefore \tau = \frac{\Delta P}{L} \frac{r}{2} \quad (i)$$

Приймаючи, що рідина є ньютонівською, та вимірюючи потік від геометричної осі:

$$\tau = -\mu \frac{du}{dr} \quad (ii)$$

Прирівняємо (i) та (ii):

$$\frac{-\Delta P}{2\mu L} r = \frac{du}{dr}$$

Об'єднаємо:

$$u = \frac{-\Delta P r^2}{4\mu L} + C_1$$

Граничні умови:

$$u=0 \text{ при } r=R$$

$$u=\max \text{ при } r=0$$

$$\therefore C_1 = \frac{\Delta P R^2}{L 4\mu}$$

$$\therefore u = \frac{\Delta P}{4\mu L} (R^2 - r^2) \quad (iii)$$

Розглянемо кільцевий елемент:

$\delta Q = u \delta A$ Елементарна об'ємна витрата

$$\delta A \approx 2\pi r \delta r$$

$$\therefore \delta Q = \frac{\Delta P \pi r}{2\mu L} (R^2 - r^2) \delta r$$

Інтегруємо від $r=0$ до $r=R$:

$$Q = \frac{\Delta P \pi}{2\mu L} \int_0^R r (R^2 - r^2) \delta r$$

$$Q = \frac{\Delta P \pi R^4}{8\mu L}$$

$$Q = \frac{\Delta P \pi d^4}{128\mu L} \quad \text{Об'ємна витрата}$$

У випадку амортизатора, нехтуючи тертям у поршні, масою поршня та вважаючи герметичність між поршнем та прохідним каналом ідеальною:

$$Q = \frac{\Delta P \pi d_1^4}{128\mu L} \quad (iv)$$

Об'ємна витрата через відповідний отвір

$$\Delta P = \frac{4F}{\pi (d_2^2 - d_1^2)} \quad (v)$$

Тиск поршня вище атмосферного тиску

$$Q = A_{\text{piston}} v_{\text{piston}}$$

Об'ємна витрата дорівнює швидкості витиснення рідини поршнем

$$\therefore v_{\text{piston}} = \frac{4Q}{\pi (d_2^2 - d_1^2)} \quad (vi)$$

Підставимо (iv) в Q

$$v_{\text{piston}} = \frac{\Delta P d_1^4}{32 \mu L (d_2^2 - d_1^2)}$$

Підставимо (v) в Р

$$v_{\text{piston}} = \frac{F d_1^4}{8 \pi \mu L (d_2^4 + d_1^4 - 2 d_1^2 d_2^2)}$$

Часова затримка на одиницю переміщення поршня

$$\frac{1}{v_{\text{piston}}} = \frac{8 \pi \mu L (d_2^4 + d_1^4 - 2 d_1^2 d_2^2)}{F d_1^4}$$

4. Апарат та метод

Апарат для випробувань складається з двох жорстких, обертально симетричних, коаксіальних тіл, як схематично зображено на Фіг.5. Одне з них має циліндричний прохідний канал з внутрішнім діаметром в інтервалі від 4,45 до 4,55мм. Позначимо цей діаметр d_2 . Воно також має коаксіальний відвідний отвір з діаметром в інтервалі від 0,65 до 0,75мм. Позначимо цей діаметр d_1 . Довжина відвідного отвору становить від 1,95 до 2,05мм. Позначимо цю довжину L . Відвідний отвір веде до збірної камери, яка також має діаметр d_2 .

Друге коаксіальне тіло є пустотілим циліндричним поршнем, який утворює досить добре ущільнення з каналом в іншому тілі для того, щоб в процесі випробувань не відбувалося істотної втрати рідини між циліндричними поверхнями тіл. Будь-яка сила, потрібна для подолання динамічного тертя між циліндричними поверхнями тіл, може бути виміряна в присутності кількості досліджуваної рідини, достатньої для змащування поверхні розділу.

При тимчасово закритому відвідному отворі, перше коаксіальне тіло перевертають та зразок досліджуваної рідини поміщають до циліндричного внутрішнього каналу на глибину щонайменше 6мм. Після цього друге коаксіальне тіло вставляють в перше. Потім апарат встановлюють в нормальне положення та відкривають відвідний отвір. Друге коаксіальне тіло утримують нерухомим, а перше опускають доти, поки рідина не почне витікати з відвідного отвору, де її збирають. На цій

стадії повинно залишатися щонайменше 5мм робочого ходу.

Низхідна сила, прикладена до першого коаксіального тіла, примушує його рухатися. Величину цієї сили визначають таким чином, щоб загальна сила, що діє на поверхню рідини, яка дорівнює прикладеній силі, мінус сила, потрібна для подолання динамічного тертя між циліндричними поверхнями тіл, плюс вага першого коаксіального тіла, знаходилася в інтервалі від 9,95 до 10,05Н. Позначимо цю сумарну силу F .

Датчик положення приєднаний до другого коаксіального тіла та до реєстратора даних, за допомогою якого одержують графік залежності положення від часу. Після переміщення другого коаксіального тіла щонайменше на 1,5мм під дією прикладеної сили, вимірюють час, потрібний йому для переміщення ще на 2,0мм по графіку залежності положення від часу. Після цього інтервала в 2мм повинно залишатися щонайменше 1,5мм ходу. Цей виміряний час ділять на два, одержуючи середній час переміщення на 1,0мм. Позначимо цей час t_1 .

Відповідно до наведеного вище аналізу, якщо v_{piston} вимірюється в одиницях Cl ,

$$\frac{1}{v_{\text{piston}}} = 1000 t_1 = \frac{8 \pi \mu L (d_2^4 + d_1^4 - 2 d_1^2 d_2^2)}{F d_1^4}$$

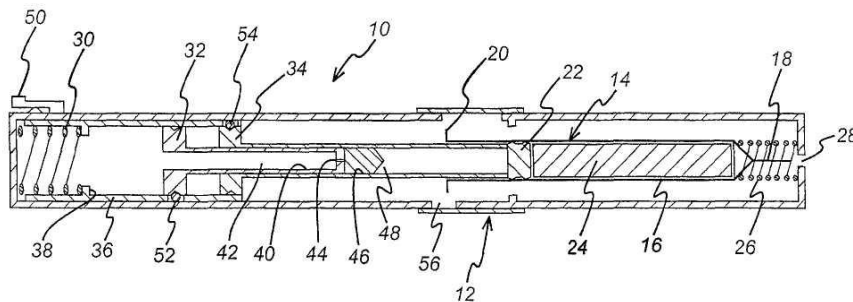
Або, іншими словами,

$$\mu = \frac{125 t_1 F d_1^4}{\pi L (d_2^4 + d_1^4 - 2 d_1^2 d_2^2)}$$

Це виміряне значення динамічної в'язкості.

Процедуру випробувань повторюють ще чотири рази з різними зразками рідини та середнє значення для п'яти одержаних результатів вважають динамічною в'язкістю рідини.

Ця процедура є застосовною як до ньютонівських, так і до неньютонівських рідин. У випадку значного відхилення поведінки рідин від ньютонівської, особливо важливо, щоб різні розміри апарата та прикладена сила точно відповідали середнім точкам вказаних вище інтервалів значень.



ФІГ. 1

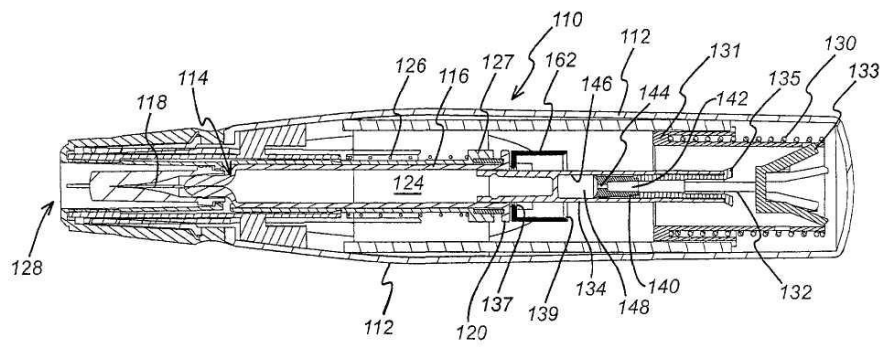


FIG. 2

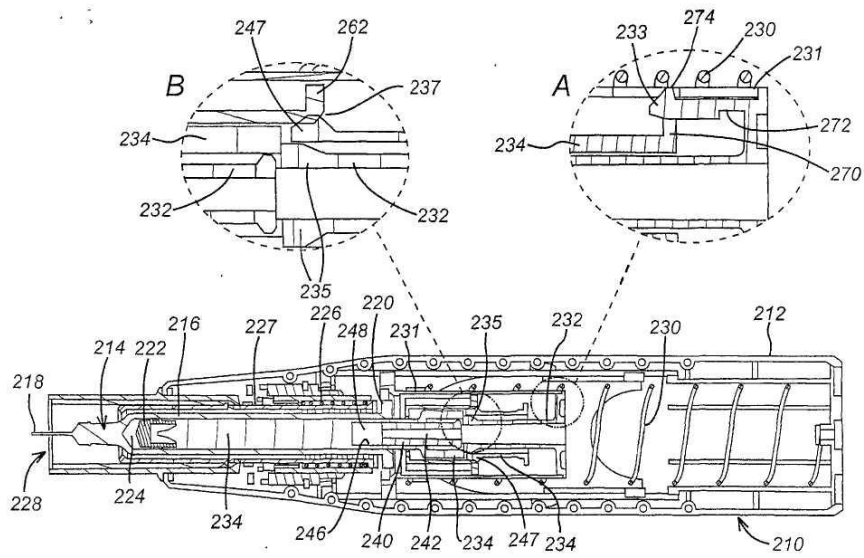


FIG. 3

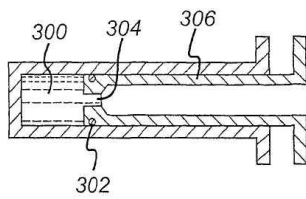


FIG. 4

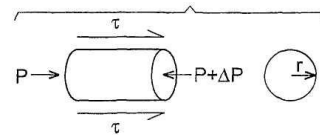
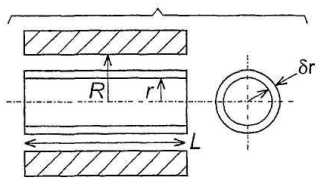
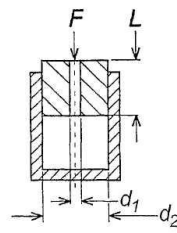


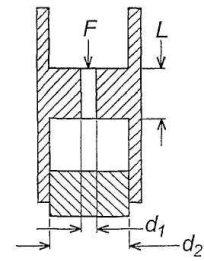
FIG. 5



ФІГ. 6



ФІГ. 7



ФІГ. 8