

Физическая модель и стенд для исследований гидропробойника одностороннего действия

Л. В. Городилов^{1}, В. Г. Кудрявцев¹, А. И. Першин¹*

¹ Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: gor@misd.ru

Аннотация. В работе представлена физическая модель гидроударного устройства одностороннего действия, конструкция которого может быть использована при создании гидропробойника для проходки скважин в мягких грунтах. Разработан стенд с прижимным устройством, позволяющим моделировать силу трения, действующую на корпус пробойника при его движении в грунте. Отработаны методики регистрации динамических характеристик рабочих циклов устройства. Проведены испытания при изменении действующей на корпус силы со стороны прижимного устройства, приводятся осциллограммы характеристик рабочих циклов: перемещений корпуса и бойка, давлений в рабочих камерах и аккумуляторе.

Ключевые слова: гидропробойник, физическая модель, прижимное устройство, трение, осциллограммы, частота, предударная скорость

A physical model and a stand for the research of a single-acting hydroimpact device

L. V. Gorodilov^{1}, V. G. Kudryavcev¹, A. I. Pershin¹*

¹ Chinakal Institute of Mining SB RAS, 630091, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: gor@misd.ru

Abstract. The paper presents a physical model of a single-acting hydroimpact device. Its design can be used to create a hydraulic punch for drilling wells in soft soils. A stand with a clamping device has been developed to simulate the friction force acting on the punch housing when it moves in the soil. Methods of recording dynamic characteristics of working cycles of the hydraulic device are worked out. Tests were carried out with changes in the force acting on the housing from the clamping device. Oscillograms of the characteristics of working cycles (displacements of the housing and striker, pressures in the working chambers and the accumulator) are given.

Keywords: hydraulic hammer, physical model, clamping device, friction, waveforms, frequency, pre-impact velocity

Введение

В настоящее время одним из распространенных методов образования горизонтальных и наклонных сквозных и глухих скважин без разработки и выемки грунта путем его уплотнения является метод прокола. Данный метод позволяет осуществлять проходку скважин небольшого диаметра (до 300 мм) в уплотняемых грунтах, а также применяется для проходки пионерной скважины с последующим ее расширением [1, 2].

Для реализации метода прокола в приповерхностном слое широкое применение находят пневмопробойники [3, 4]. Однако известно, что пневмоударные

машины имеют весьма низкий КПД, как правило не превышающий 6–8%. Одним из возможных решений этой проблемы является применение объемных гидроударных устройств, КПД которых, на порядок должен превосходить КПД пневмоударных машин.

В настоящей работе представлена физическая модель гидроударного устройства одностороннего действия, конструкция которого может быть использована при создании гидропробойника, и стенд с прижимным устройством, позволяющим моделировать силу трения. Приводятся начальные результаты опытов при действующей на корпус силе контактного сухого трения.

Стенд и физическая модель гидропробойника

На рис. 1а, б представлены принципиальная схема и фотография стенда с физической моделью для испытаний и исследования характеристик гидроударного устройства в условиях движения его корпуса при воздействии на него силы контактного сухого трения F_y . Устройство включает в себя соединенные резьбой части корпуса ударного узла с бойком, распределителя с золотником, газожидкостного аккумулятора и наковален. Подробное описание конструкции гидроударного устройства, основные параметры его узлов и элементов приведены в работе [5].

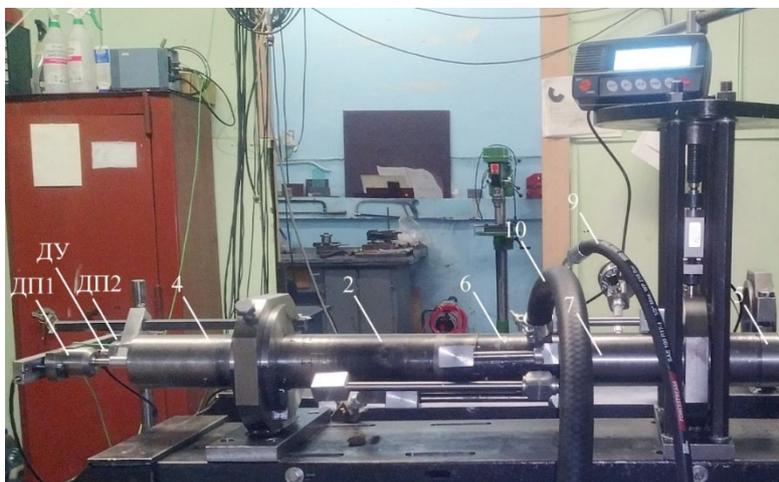
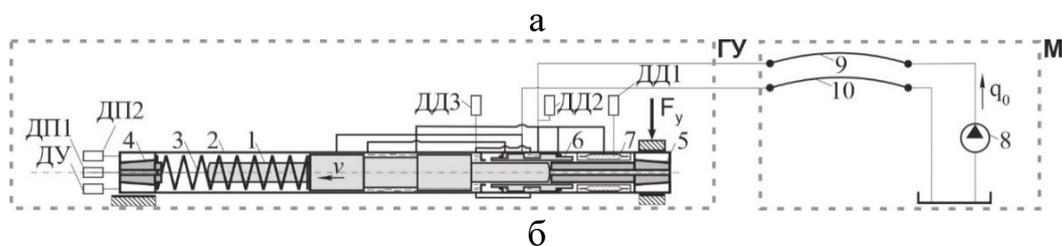


Рис. 1. Принципиальная схема (а) и фотография (б) стенда с физической моделью гидроударного устройства:

ГУ – гидроударное устройство; М – маслостанция; ДД1, ДД2, ДД3 – датчики давления соответственно аккумулятора, напорной линии, камеры прямого хода; ДП1, ДП2 – датчики перемещения соответственно бойка и корпуса гидроударного устройства; ДУ – датчик ускорения корпуса; 1 – боёк; 2 – корпус; 3 – пружина; 4, 5 – наковальни; 6 – золотник; 7 – гидроаккумулятор; 8 – насос производительностью q_0 ; 9, 10 – соответственно напорная и сливная линии.

Для создания силы F_y разработано прижимное устройство, подробное описание которого дано в работе [6]. Оно представляет собой раму (соединенные между собой четырьмя шестигранниками металлические плиты), закрепленную на швеллере-основании. К нижней плите прикреплено кольцо с пуансоном, в которое вставляются обоймы-сегменты с вкладышами из модельного материала. Между вкладышами размещали корпус ударного устройства. В верхнюю плиту был вмонтирован винт, с помощью которого создавали силу, действующую через измерительный динамометр, пуансон в кольце и обоймы-сегменты с вкладышами на корпус ударного устройства. Измерение силы производилось электронным динамометром АЦД/1С-20/1И-1.

Было произведено несколько серий опытов с изменяющейся внешней силой от 250 Н до 20 кН и расходе подаваемой к устройству жидкости от 9 до 16.5 л/мин.

Результаты опытов при действующей на корпус силе контактного сухого трения

На рис. 2а-г представлены экспериментальные осциллограммы, записанные в программе PowerGraph 3.3, при расходе насоса $q_0 = 16.5$ л/мин и силе F_y , действующей на корпус со стороны прижимного устройства соответственно 20, 15, 10 и 5 кН.

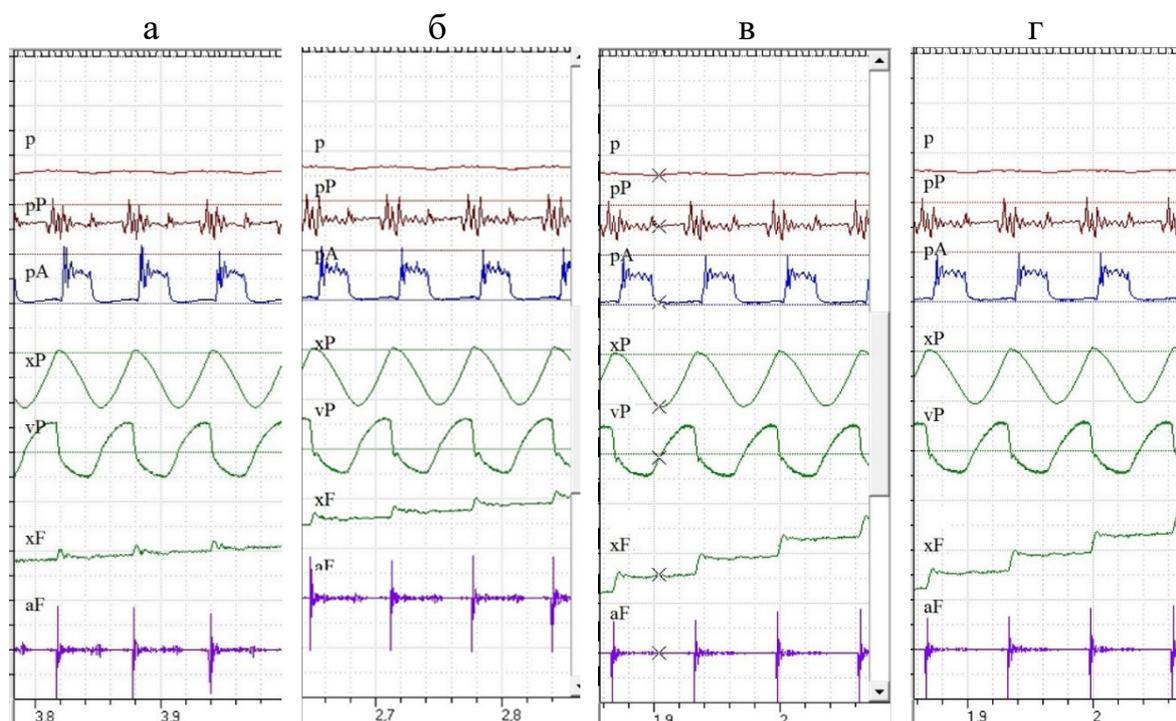


Рис. 2. Осциллограммы рабочих циклов гидроударного устройства при расходе насоса q_0 равной 16.5 л/мин и силе F_y , действующей на корпус со стороны прижимного устройства соответственно 20, 15, 10, 5 кН:

p, pP, pA – давления соответственно в аккумуляторе, напорной линии и гидравлической камере ударного узла, xP и vP – соответственно координата и скорость бойка, xF и aF – соответственно координата и ускорение корпуса.

На осциллограммах наблюдается одноударный режим в прямом направлении и стабильное продвижение корпуса в сторону удара. Предударная скорость в этом случае не превышает 3 м/с. На осциллограммах видно, что после удара и резкого продвижения корпуса происходит его «откат» в обратном направлении, что свидетельствует об упруго-пластическом характере взаимодействия корпуса с прижимным устройством. Известно, что примерно такая же картина наблюдается и при продвижении корпуса пневмоударника в грунте.

На рис. 3 представлены графики зависимостей перемещения корпуса x_F за один цикл от силы поджатия F_y при различных расходах q_0 и соответственно характеристиках гидроударного устройства. Силу F_y со стороны прижимного устройства изменяли от 5 до 20 кН. Из графиков можно наблюдать, что при росте энергии и частоты ударов, которые происходят при увеличении q_0 до 16.5 л/мин, наблюдается монотонное увеличение перемещения корпуса x_F при всех устанавливаемых значениях F_y .

На графиках рис. 4а, б представлены зависимости предударных скоростей v_{Imp} и зависимости частоты ударов f от расхода q_0 , подаваемого к ударному устройству, при силе F_y , действующей на корпус равной 5, 10, 15 и 20 кН.

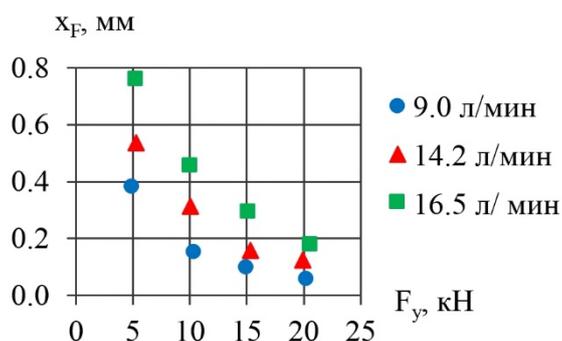


Рис. 3. Графики зависимостей перемещения корпуса за один цикл от силы поджатия F_y при расходах подаваемой к устройству жидкости q_0 равных 9.0, 14.2 и 16.5 л/мин

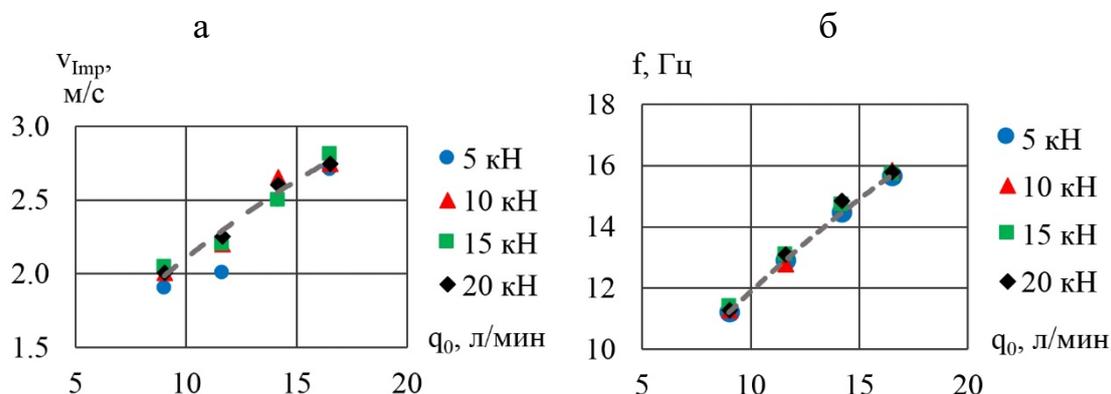


Рис. 4. Графики зависимостей предударных скоростей и частот ударов от расхода q_0 , подаваемого к ударному устройству, при силе при силе F_y , действующей на корпус равной 5, 10, 15 и 20 кН

Заключение

Были разработаны, созданы и проведены испытания и доводка физической модели гидроударного устройства одностороннего действия, стенда для их исследований с возможностью моделирования действующей на корпус силы сухого контактного трения со стороны породного массива при помощи прижимного устройства.

Предварительные результаты испытаний (экспериментальные осциллограммы перемещений корпуса и бойка, давлений в рабочих камерах) позволили определить закономерности движения корпуса при изменении силы сухого контактного трения и расхода подаваемой к устройству жидкости, а также интегральных характеристик гидроударника: энергии и частоты ударов.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-17-00188).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Суднишников Б. В., Костылев А. Д., Тупицин К. К. Пневмопробойники в строительстве и горном деле // ФТПРПИ. – 1970. – № 2. – С. 44–49.
2. Рыбаков А. П. Основы бестраншейных технологий. – М. : Пресс Бюро № 1, 2005. – 304 с.
3. Пневмопробойники / К. С. Гурков, В. В. Климашко, А. Д. Костылев и др. – Новосибирск: Изд-во ИГД СО РАН, 1990. – 217 с.
4. Данилов Б. Б., Чещин Д. О., Воротников Д. А. Результаты полевых испытаний управляемого пневмопробойника // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 5. – С. 26-31.
5. Городилов Л. В., Кудрявцев В. Г., Першин А. И. Разработка и стендовые испытания физической модели реверсивного гидроударного устройства // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2021. – Т. 2. – №. 3. – С. 180-188.
6. Городилов Л. В. и др. Методика исследования движения корпуса ударного устройства в скважине с учетом реакции породного массива // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2020. – Т. 7. – №. 1. – С. 272-278.

© Л. В. Городилов, В. Г. Кудрявцев, А. И. Першин, 2022