

УДК 622.233.3

**Исследование статико-динамического процесса формирования скважины**

Лазуткин С.Л., Лазуткина Н.А.

Целью работы является исследование взаимодействия рабочего органа с грунтом для достижения наибольшей плотности стенок скважины, что может быть обеспечено определенным соотношением действительной скорости осевой подачи и выходных параметров ударного устройства. Идея научного поиска заключается в том, что после ударного воздействия грунт, находясь в состоянии частичного тиксотропного разупрочнения, целесообразно статически деформировать. Это приведет к тому, что величина общей пластической деформации значительно увеличится, что отразится в повышении плотности грунта. Так как процесс тиксотропного разупрочнения имеет временные и пространственные ограничения, то необходимо определить взаимосвязь входных параметров машины и рациональные значения показателя статического воздействия, показывающего соотношение статического и динамического нагружения грунта. Приведены результаты лабораторных опытов по изучению режимов формирования скважин.

*Ключевые слова:* беструбчатый дренаж, кротовина, плотность грунта, статико-динамическое нагружение, показатель статического воздействия.

**The research of the static-dynamic well formation process**

Lazutkin S.L., Lazutkina N.A.

The paper deals with the study of the interaction of the working body with the ground in order to achieve the borehole wall maximum density, which can be provided by a certain ratio of the actual speed of axial feed and the impact device output parameters. The idea of the scientific research is that after the impact the ground brought into the state of partial thixotropic softening should be statically deformed. This leads to the fact that the total plastic deformation range increases significantly, which will result in the ground density growth. Since the thixotropic softening process is limited in time and space, it is necessary to determine the relationship of the machine input parameters and rational values of the static effects, showing the ratio of static and dynamic soil loading. The results of laboratory experiments on the well formation modes study are given.

*Keywords:* the drainage cavity in the ground, soil density, static-dynamic interaction, indicator static influence.

**Введение**

Теоретические исследования беструбчатых методов строительства дренажных систем и прокладки кабелей, а также изучение отдельных положений теории уплотнения грунтов и грунтоведения, позволили сформулировать гипотезу о возможности использования тиксотропных свойств связного грунта в процессе формирования грунтовой полости с уплотненными стенками.

Цель работы – рассмотрение статико-динамического процесса формирования скважины. В статье приведены некоторые результаты лабораторных опытов по проверке теоретических предпосылок.

**Результаты исследования**

Решение поставленной задачи осуществлялось с помощью экспериментального стенда, позволяющего смоделировать в полноразмерном виде статический, динамический и статико-динамический процессы формирования скважины (кротовины) [1]. Стенд (рис.1) представляет собой вертикально установленную направляющую, на которой закреплен гидроцилиндр таким образом, чтобы перемещение штока обеспечивало строго вертикальное, относительное поверхности грунта, перемещение рабочего органа. К штоку гидроцилиндра шарнирно прикреплен корпус дренажа с размещенным внутри гидропневоудар-

ным устройством. Для придания жесткости в продольном направлении системе «корпус дрена – шток» на нижнем конце направляющей имеется опорная плита, выполняющая роль кондуктора. Привод ударного устройства и механизма осевой подачи инструмента осуществляется от отдельных маслостанций с целью исключения взаимного влияния друг на друга энергопотребителей.

Для проведения опытов был определен набор конических инструментов, с диапазоном диаметров, исходя из эксплуатационных требований, предъявляемых к работоспособности систем кротового дренажа, и составил 0,065- 0,145 м.

Основная задача исследований заключалась в определении сравнительной эффективности статического, динамического и статико-динамического формирования скважины и экспериментального подтверждения теоретического описания физико-механических процессов, происходящих в грунте при статико-

динамическом воздействии инструмента на грунт. Затем устанавливалась взаимосвязь между выходными параметрами ударного устройства и скоростью осевой подачи и характер ее влияния на степень уплотнения грунта в стенках скважины. В соответствии с вышеуказанным, в процессе опытов изменялась скорость осевой подачи рабочего органа при постоянной энергии ударов ударного устройства. Для определения энергетических параметров ударное устройство предварительно тестировалось на специальном стенде, где фиксировалась предупредительная скорость бойка и частота ударов.

За критерий оценки при решении данной задачи принимался коэффициент уплотнения грунта в стенках кротовины, который определялся по следующей формуле:

$$\varepsilon = \frac{\gamma_{сп}}{\gamma_0}, \quad (1)$$

где  $\gamma_0$  – исходная плотность грунта;  $\gamma_{сп}$  – плотность грунта в стенках кротовины.

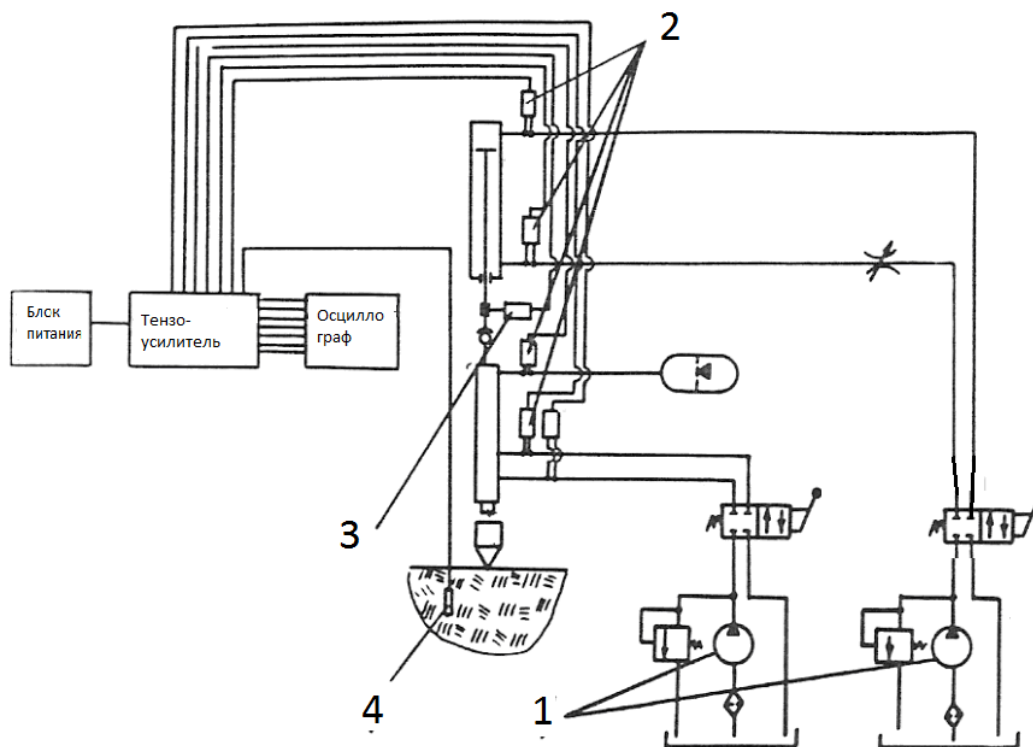


Рис.1. Принципиальная схема экспериментальной установки

1 – маслостанции гидропривода ударного устройства и гидроцилиндра осевой подачи; 2- датчики давления рабочей жидкости; 3 – датчик перемещения; 4- мердоза.

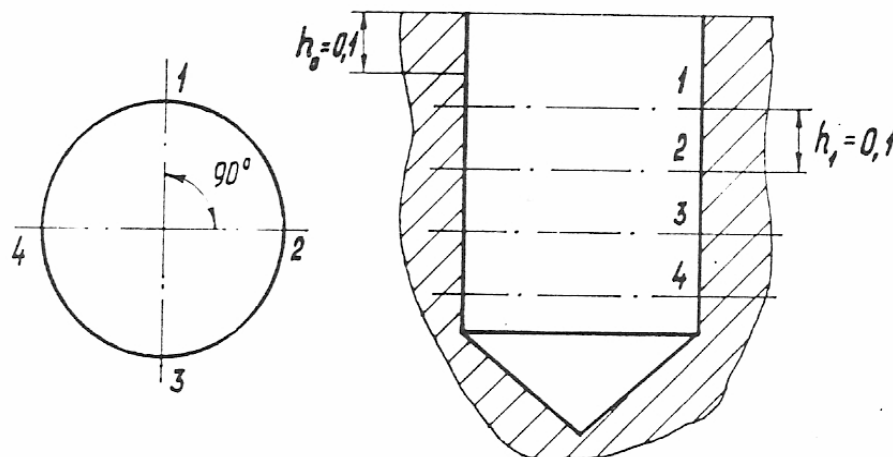


Рис. .2. Схема отбора проб грунта на плотность из стенок скважины  
1,2,3,4 – места отбора проб.

Лабораторные исследования проводились с суглинками, как наиболее часто встречающимися видами грунта, составляющим подпочвенный горизонт на поливных землях, подверженных засолению. Соотношение статического и динамического нагружения определялось через величины соответствующих внедрений. Статическое внедрение равно:

$$X_{ст.} = V_{p.o.} \cdot t, \quad (2)$$

где  $V_{p.o.}$  – скорость подачи рабочего органа;  
 $t = t_{вз.} + t_{разг.}$  – время взвода и разгона бойка.

Скорость осевой подачи определялась из выражения:

$$V_{p.o.} = \frac{H_{p.o.}}{t_{форм.}}, \quad (3)$$

где  $H_{p.o.}$  – перемещение рабочего органа, равное глубине сформированной скважины, определялось методом прямого измерения и уточнялось по осциллограмме;  $t_{форм.}$  – время формирования скважины определялось с помощью электронного секундомера.

Внедрение инструмента за один удар  $X_{дин.}$ , определялось по времени пульсации давления рабочей жидкости в поршневой полости гидроцилиндра осевой подачи. В момент послеударной остановки инструмента сопротивление перемещению рабочего органа

резко падает, так как корпус дренаера, двигаясь вперед, выбирает расстояние между буксой и инструментом, равное величине динамического внедрения. Следовательно, давление рабочей жидкости в поршневой полости резко падает и, по мере поджатия корпуса дренаера к инструменту, и, соответственно, грунту будет нарастать. Таким образом динамическое внедрение определяется из выражения:

$$X_{дин.} = V_{p.o.} \cdot t_{пульс.}, \quad (4)$$

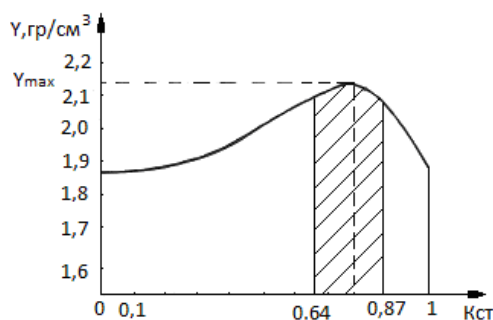
где  $t_{пульс.}$  – время пульсации давления.

Для уточнения истинных значений  $X_{ст.}$  и  $X_{дин.}$  и уменьшения погрешности измерений при расшифровке осциллограмм суммарное внедрение определялось, исходя из общего перемещения рабочего органа и количества рабочих циклов ударного устройства.

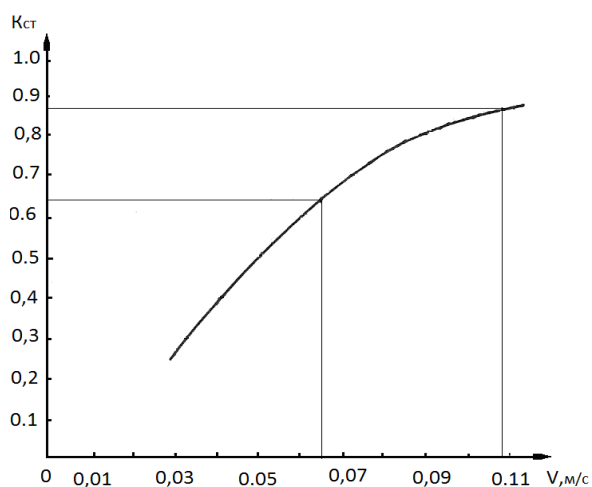
$$X_{\Sigma} = \frac{H_{p.o.}}{n} \sum X = H_{p.o.}/n, \quad (5)$$

где  $n$  – число циклов.

Плотность грунта в стенках скважины определялась методом режущих колец. По результатам обработки осциллограмм и прямым измерениям были построены графические зависимости, представленные на рис.3 и рис.4.



**Рис. 3.** Влияние на плотность грунта соотношения прикладываемых нагрузок в процессе формирования кротовины.



**Рис. 4.** Зависимость показателя статического воздействия от скорости осевой подачи рабочего органа.

### Заключение

Максимальные плотности грунта были получены при определенных значениях показателя  $K_{ст} = 0,64-0,87$ . Это подтверждает результаты ранее сделанных теоретических предпосылок, базировавшихся на анализе физико-механических свойств грунта, а именно, на его тиксотропных свойствах и разных скоростях протекания пластических деформаций. Причем, судя по значениям  $K_{ст}$ , основная доля деформаций реализуется при статическом проколе, следовательно, динамическое нагружение грунта играет вспомогательную роль, заключающуюся во введении грунта в тиксотропно разупрочненное состояние с соответствующим увеличением его деформативной способности.

### Литература

1. Лазуткин С.Л., Лазуткина Н.А. Характеристика процесса статико-динамического формирования кротовины // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2012, № 1. – С. 68-72.
2. Малясов В.В., Лазуткина Н.А. Исследование параметров системы питания пускового гидротрансформатора (ГТР) транспортной машины // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2008, № 5. – С. 227-229.
3. Лазуткин С.Л., Лазуткина Н.А. Расчёт давления на поверхности контакта инструмента с материалом // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2010, № 7. – С. 114-119.
4. Лазуткина Н.А., Лазуткин С.Л. К вопросу методики расчета тягово-скоростных характеристик пневмоколесных горных машин с регулируемой гидрообъемной передачей // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2011, № 2. – С. 51-54.
5. Лазуткин С.Л., Лазуткин А.Г., Лазуткина Н.А. Математическая модель формирования нагрузки на импульсном исполнительном органе машины // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, 2009, № 6. – С. 121-124.

### References

1. Lazutkin S.L., Lazutkina N.A. Characteristics of static and dynamic process of formation of molehills // *Engineering industry and life safety*, 2012, № 1. – P.68-72.
2. Malyasov V.V. Investigation of the parameters of the system start-up power converter transport vehicles // *Engineering industry and life safety*, 2008, № 5. – P.227-229.
3. Lazutkin S.L., Lazutkina N.A. Calculation of pressure on the surface of contact of the tool with the material // *Engineering industry and life safety*, 2010, № 7. – P.114-119.
4. Lazutkina N.A., Lazutkin S.L. To a question of a design procedure of traction and high-

speed characteristics of pneumowheel mountain cars with adjustable hydrovolume drive // Engineering industry and life safety, 2011, № 2. – P. 51-54.

5. *Lazutkin S.L., Lazutkin A.G., Lazutkina N.A.* Mathematical model of the load on the executive body of the machine pulsed // Engineering industry and life safety, 2009, № 6. – P.121-124.

**Статья поступила в редакцию 8 ноября 2013 г.**

---

*Лазуткин Сергей Леонидович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: lazutkin62@mail.ru

*Лазуткина Наталья Александровна* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: lazutkina1963@mail.ru

---

*Lazutkin Sergey Leonidovich* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: lazutkin62@mail.ru

*Lazutkina Natalia Aleksandrovna* – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: lazutkina1963@mail.ru