

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ВНЕДРЕНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ НА РОВЕНСКОЙ АЭС

В статье приводятся основные сведения и технические характеристики о разработанной и выпускаемой в ЕрПИ усовершенствованной системе гидродинамического нивелирования (УСГДН) для дистанционного и высокоточного измерения высотного положения контролируемых точек фундаментов сооружений и оборудования.

Описаны результаты промышленных испытаний и внедрения 3-х таких систем на Ровенской АЭС, при которых, по данным этого предприятия, обеспечивается годовой экономический эффект в размере 180 тыс. руб.

Сделан вывод о необходимости широкого внедрения систем УСГДН на различных объектах страны.

На атомных электростанциях (АЭС) турбоагрегаты устанавливаются на железобетонных плитах. Незначительные вертикальные смещения этих плит приводят к расстройству работы турбоагрегатов, вплоть до наступления их аварийного состояния. Поэтому необходимость проведения систематических, высокоточных наблюдений за вертикальными смещениями контролируемых точек указанных плит обязательна.

Производство таких наблюдений на Ровенской АЭС дополнительно обусловлено и тем, что на ее территории были обнаружены карстовые явления, могущие вызвать значительные осадки всего сооружения. В связи с этим выполнение данной работы было включено в число мероприятий по обеспечению надежной эксплуатации Ровенской АЭС, утвержденных министром энергетики и электростанций СССР.

Измерение вертикальных смещений контролируемых точек в стесненных условиях АЭС традиционным методом геометрического нивелирования малоэффективно, а иногда и невозможно. Современные достижения в области электроники, автоматики и телемеханики позволяют создать новые геодезические приборы и системы, обеспечивающие:

- а) повышение производительности измерительных работ и точности измерений;
- б) возможность передачи информации о высотном положении точек на расстояние с вводом этой информации на ЭВМ;
- в) простоту эксплуатации системы и возможность выполнения измерений силами техперсонала данного объекта.

Такие системы удобнее всего создавать с использованием метода гидронивелирования.

Еще в 1973 году Ереванским политехническим институтом (ЕрПИ) был предложен новый метод гидронивелирования, названный гидродинамическим, не имеющим своего аналога в мировой практике. Теоретические основы и принцип работы этой системой подробно изложены в [1, 2].

Измерение превышения между опорной и любой i -ой точками при этом осуществляется только при подъеме уровня жидкости в системе.

В 1975 году в ЕрПИ была разработана первая такая система с десятью датчиками уровня (СГДН—10Д), а в 1981 году ее модернизированный вариант—СГДН—10ДМ. Эти системы были внедрены на многих объектах страны, где перепад температуры внешней среды при различных циклах измерений небольшой.

В условиях Ровенской АЭС температура воздуха в помещении турбоагрегатов меняется в пределах от 10° до 40°C . Кроме того, площадки для установки датчиков уровня жидкости подвержены постоянному воздействию вибрации.

В связи с этим возникла необходимость разработки усовершенствованной системы гидродинамического нивелирования (УСГДН), поз-

воляющей исключать влияние изменения температуры внешней среды на точность измерений, а также обеспечить надежность ее работы в условиях вибрации.

Первая из указанных выше задач теоретически была решена К. Р. Трозян. В работе [5] ею было доказано, что при измерении превышения точек системой УСГДН как при подъеме, так и при опускании уровня жидкости в среднем их значении автоматически исключается влияние изменения температуры внешней среды.

В работе [4] приведены результаты экспериментальных исследований, полностью подтвердившие этот вывод.

На основе этих данных Опытно-экспериментальным заводом (ОЭЗ) ЕрПИ разработаны две модификации УСГДН, на которые в 1984 году получено авторское свидетельство на изобретение [3]. Более того, ОЭЗ ЕрПИ освоил выпуск этих систем, которые успешно прошли госиспытания, и по ним составлены утвержденные технические условия.

Первая модификация этой системы—УСГДН(В) предназначена для использования при температуре окружающего воздуха от 0° до +40°С, с использованием в качестве рабочей жидкости питьевой воды, а вторая модификация УСГДН(А) при температуре от —30°С до +40°С, с использованием в качестве рабочей жидкости антифриза, состоящего из 50% этиленгликоля и 50% дистиллированной воды.

В состав комплекта этих систем входят: блок управления и регистрации (БУР); блок регистрации (БР); подъемно-преобразующее устройство (ППУ); датчики уровня (ДУ), прозрачные шланги и соединительные кабели (КА, КС—1, КС—2, КС—3, КС—4 и КС—5).

По заказу потребителей ОЭЗ ЕрПИ выпускает 10-ти, 20-ти и 30-датчиковые системы, обозначаемые УСГДН—10Д, УСГДН—20Д и УСГДН—30Д, в состав которых входят:

Обозначение систем	Количество									
	БУР	БР	ППУ	ДУ	КС	КС—1	КС—2	КС—3	КС—4	КС—5
УСГДН—10Д	1	—	1	10	1	1	—	1	1	—
УСГДН—20Д	1	1	1	20	1	1	1	1	2	1
УСГДН—30Д	1	2	1	30	1	1	2	1	3	2

Диапазон измерения превышений между точками, на которые устанавливаются датчики уровня,—90 мм. Максимальная продолжительность одного приема измерений для системы УСГДН(А)—80 мин, а для систем УСГДН(В)—30 мин.

Средняя квадратическая погрешность измерения в лабораторных условиях составляет: для систем УСГДН(А)—0,25 мм, а для систем УСГДН(В)—0,09 мм. Питание системы от сети переменного тока напряжением 220 В, а потребляемая мощность—150÷200 ВА.

На рис. 1 показан общий вид аппаратуры, входящей в систему УСГДН—30Д. На рис. 2 представлена монтажная схема этой системы, которая состоит из двух БР (1), одного БУР (2), тридцати последовательно устанавливаемых ДУ (3) на контролируемых точках, соединенных между собой, и ППУ (10) с помощью шлангов (11). Система подключается к сети 220 В посредством сетевого кабеля (4). БУР, БР, ППУ и ДУ электрически соединяются с помощью соединительных кабелей (5), (6), (7), (8) и (9).

В исходном положении уровень жидкости в баке ППУ и в сосудах ДУ одинакова и расположена несколько выше нижних концов электродов, закрепленных сверху к головкам ДУ.

Порядок работ при производстве измерений данной системой следующий. С помощью схемы запуска бак ППУ равномерно опускается, при котором жидкость из сосудов ДУ вытекает в бак. При отрыве

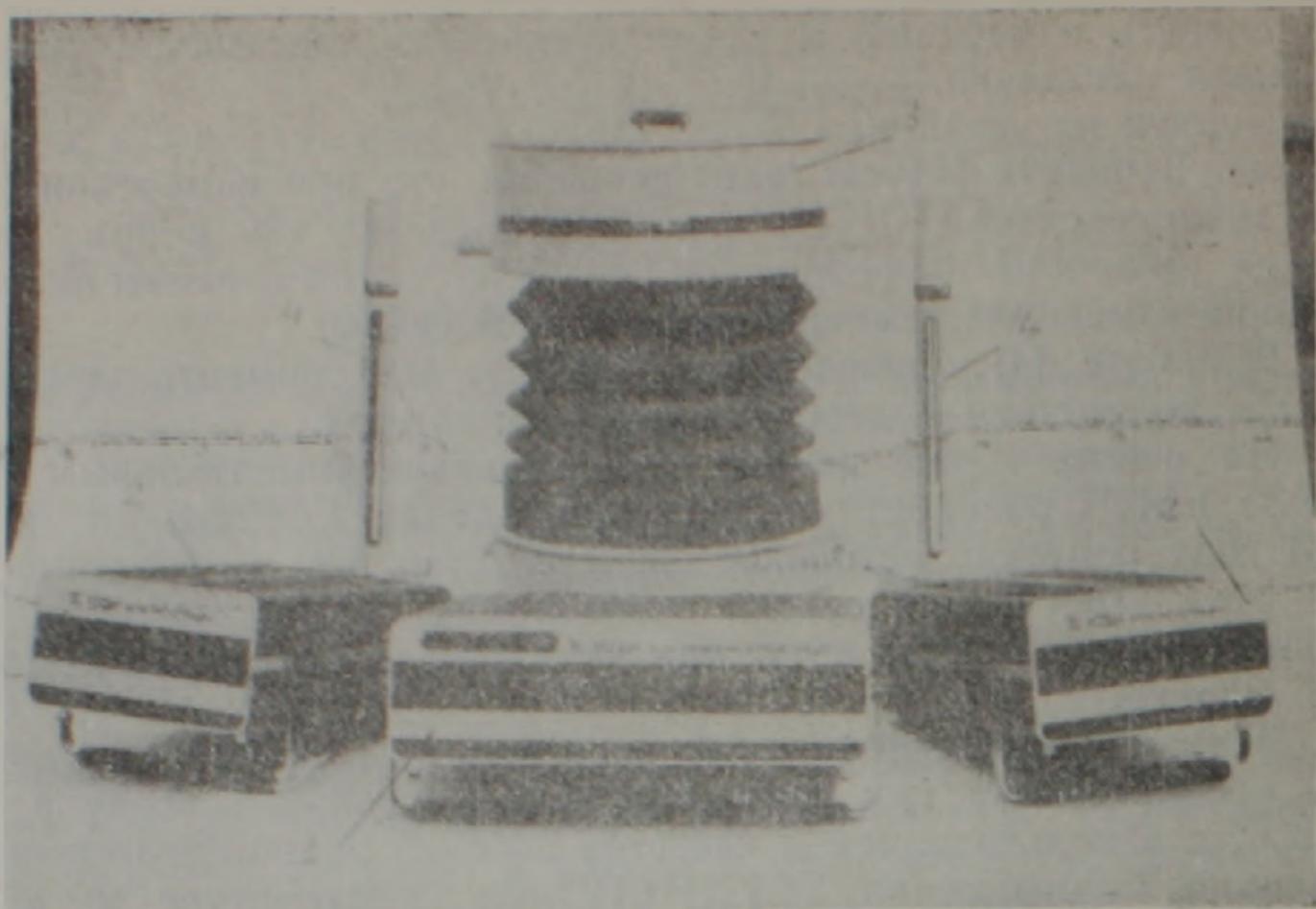


Рис. 1. Общий вид аппаратуры в системе УСГДН—30Д. 1—БУР; 2—БР; 3—ППУ; 4—ДУ.

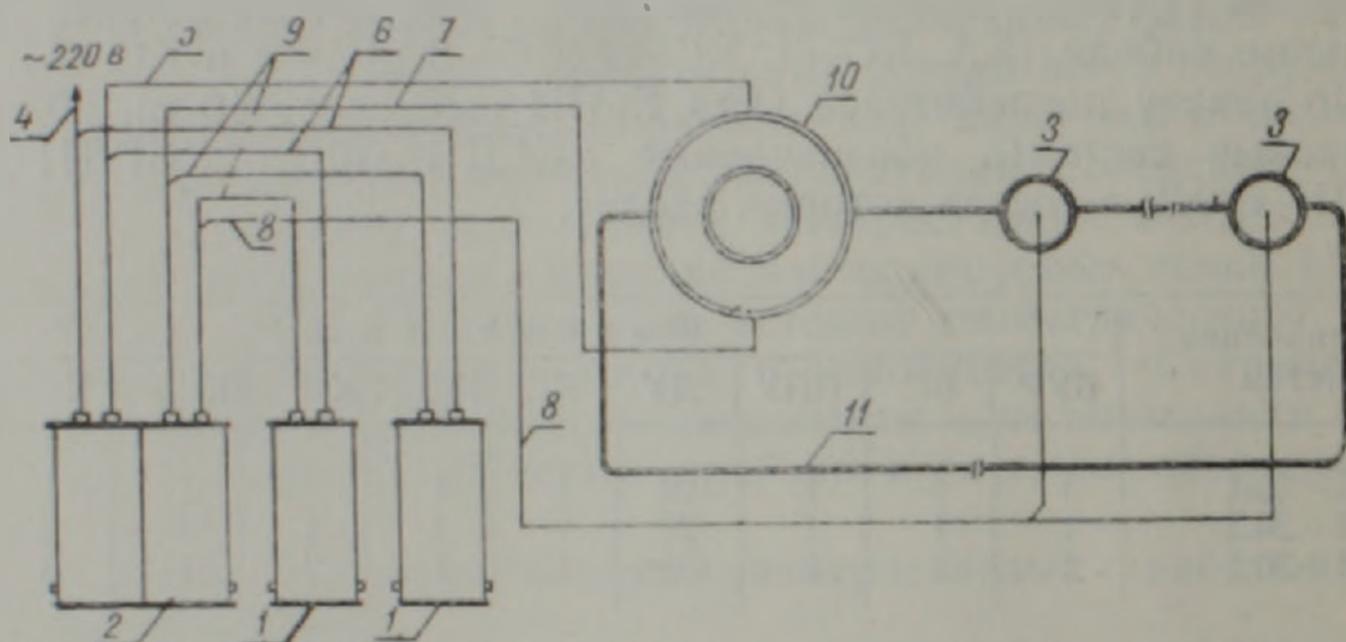


Рис. 2. Монтажная схема системы УСГДН 30Д.

уровня жидкости от нижнего конца электрода на счетчики БУР и БР начинают поступать вырабатываемые ППУ счетные импульсы для каждого датчика до момента опускания бака в нижнее положение. Через некоторое время, после стабилизации уровня жидкости в системе вновь запускается ППУ, и бак начинает перемещаться вверх. При этом счетчики продолжают регистрировать счетные импульсы до момента касания уровня жидкости в каждом датчике уровня с нижним концом его электрода. После завершения контактов во всех датчиках на табло БУР и БР фиксируются суммарные числа импульсов как для опорного датчика (N_{0n}), так и для любого i -го датчика (N_i).

Вертикальное смещение любой i -ой точки относительно опорной, за промежуток времени между исходным (l) и m -ым циклами измерений вычисляется по формуле:

$$\Delta H_{i-0n}^{l-m} = K[(N_i^m - N_{0n}^m) - (N_i^l - N_{0n}^l)], \quad (1)$$

где N_i^l и N_{0n}^l — среднее из 2—3 приемов измерений числа импульсов при l цикле измерений для i -ого и опорного датчиков; N_i^m и N_{0n}^m — то же при m -ом цикле измерений; K — коэффициент, зависящий от геометрических параметров данной системы.

На Ровенской АЭС были смонтированы три системы УСГДН—20Д, каждая из них включала 18 точек наблюдений. На рис. 3, в частности, изображена монтажная схема 1-ой системы, смонтированной на колонках под железобетонными плитами 2-х турбоагрегатов (ТА—1 и ТА—2). По аналогичной схеме были смонтированы 2-ая система для ТА—3 и ТА—4 и 3-я система для ТА—5.

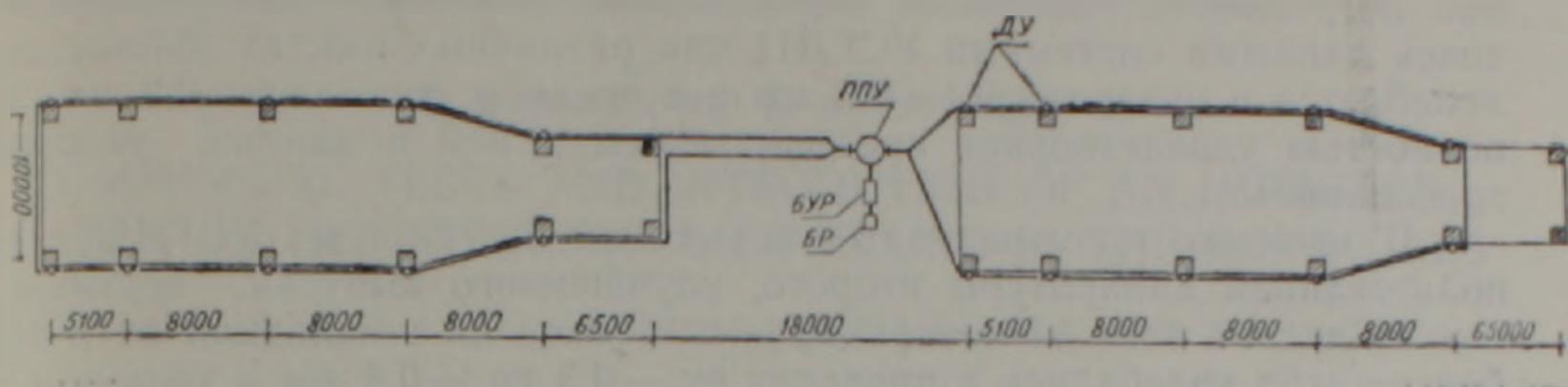


Рис. 3. Монтажная схема 1-ой системы УСГДН, смонтированная на ТА—1, ТА—2 Ровенской АЭС.

Промышленные испытания 1-ой системы УСГДН—20Д были начаты в 1986 году. При этом была использована аппаратура первого выпуска этой системы, где верхняя часть ДУ представляла собой стеклянную трубку, закрепленную к нижней металлической подставке. Достоинство этих датчиков заключается в том, что прозрачность их сосудов позволяет визуально следить за положением уровня жидкости в нем.

До конца 1981 года этой системой были осуществлены 4 цикла наблюдений. Анализом результатов этих наблюдений были выявлены следующие недостатки данной системы:

1. Под воздействием вибрации всей плиты под турбоагрегатами, в том числе площадок, на которые укреплялись датчики, стеклянные их трубки не выдерживали. На стыке 4-х стеклянных трубок и их подставке образовывались трещины и в дальнейшем происходила утечка жидкости из этих сосудов. Замена этих датчиков новыми требует повторной заливки жидкости во всей системе и, что главное, при этом результаты предыдущих циклов измерений аннулируются.

2. Электроды в датчике первого выпуска представляют цельные стержни диаметром 2,5 мм с отточенным под углом 60° нижним концом. В процессе испытаний было установлено, что в некоторых датчиках при опускании уровня жидкости в них отрыв от жидкости нижнего конца электрода происходит не мгновенно, а затягивается во времени, и показания счетчика числа импульсов становятся расплывчатыми. Кроме того, разброс величины $\Delta N = N_i - N_{0i}$ для некоторых датчиков в различных приемах в данном цикле измерений доходит до 40 единиц, чему соответствует 0,8 мм, что явно выходит за пределы точности измерений.

3. Значительные колебания значений ΔN , помимо причин, указанных выше, обусловлены также и отсутствием усилителей во входных устройствах БУР.

Учитывая вышесказанное, ОЭЗ ЕРПИ перешел к изготовлению УСГДН второго выпуска. Отличительными особенностями аппаратуры второго выпуска от первого являются:

- а) датчики уровня полностью изготовлены из металла;
- б) стержни электродов датчиков снизу имеют игольчатые наконечники, а их держатели сверху более надежны и они защищены крышкой;
- в) в электронную схему БУР дополнительно включены усилители во входных устройствах.

С начала 1987 года на Ровенской АЭС все три системы УСГДН были смонтированы с использованием аппаратуры второго выпуска.

До конца 1988 года 1-ой, 2-ой и 3-ей системами были произведены соответственно 7, 8 и 3 цикла наблюдений, с участием представителей технического персонала АЭС.

Анализ результатов промышленных испытаний этих трех систем УСГДН в 1987—1988 г.г. в условиях Ровенской АЭС при постоянно действующей вибрации показал, что аппаратура второго выпуска действует безотказно и надежно. Фактическая средняя квадратическая погрешность измерения вертикальных смещений контролируемых точек данными системами УСГДН при различных циклах наблюдений колеблется в пределах 0,1—0,3 мм и в среднем составляет 0,2 мм, что полностью удовлетворяет предъявляемым к ней в данных условиях требованиям.

В процессе промышленных испытаний 3-х систем УСГДН с использованием аппаратуры второго, улучшенного выпуска, вертикальные смещения всех 54 контролируемых точек на площадках пяти турбоагрегатов колебались в пределах от $-0,3$ до $+0,4$ мм и только в 3-х точках, где вибрация сравнительно большая, вертикальные перемещения составили 0,7—0,9 мм.

Следовательно, в период указанных наблюдений площадки, на которые смонтированы турбоагрегаты, не подвергались опасным высотным деформациям.

За указанный период технический персонал Ровенской АЭС полностью освоил правила обращения и использования систем УСГДН, а также методику обработки результатов измерений.

С начала 1989 года все три системы УСГДН внедрены на данной АЭС и их использование осуществляется силами технического персонала АЭС. В заключении ПТО и ПЭО Ровенской АЭС по данной работе отмечается, что внедрение систем УСГДН на данной АЭС позволяет принять своевременные меры по предотвращению недопустимой вертикальной деформации площадок турбоагрегатов, которая может привести к внеплановым остановкам энергоблоков и, следовательно, к экономическому ущербу от недовыработки электроэнергии. В приведенных ими же расчетах установлено, что ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения указанных систем УСГДН на Ровенской АЭС составит около 180 тыс. рублей.

Из всего вышеизложенного можно сделать вывод о том, что в ЕрПИ осуществлен комплекс работ, начиная от теоретических исследований по разработке новых эффективных систем для высокоточного измерения вертикальных смещений контролируемых точек фундаментов сооружения и оборудования и кончая освоением выпуска этих систем и успешным внедрением их на некоторых объектах страны.

Имеется полное основание для рекомендации к широкому внедрению этой системы на соответствующих объектах страны.

Ереванский политехнический институт

Поступила 12.VII.1989

Բ. Բ. ՍԻԱՆՅԱՆ, Յ. Ա. ՓԱՐԿՅԱՆ

ՋՐԱԳԻՆԱՄԻԿ ՀԱՐԹԱԶԱՓՄԱՆ ԿԱՏԱՐԵԼԱԳՈՐԾՎԱԾ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ
ԱՐԴՅՈՒՆԱՔԵՐԱԿԱՆ ՓՈՐՁԱՐԿՈՒՄՆԵՐԸ ԵՎ ՆԵՐԴՐՈՒՄԸ
ՌՈՎԵՆՅԻ ԱԷԿ-ՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո մ

Հողվածում բերված են Երևանի պոլիտեխնիկական ինստիտուտում մշակված և արտադրվող ջրադինամիկ հարթաչափման կատարելագործված համակարգի վերաբերյալ հիմնական տեղեկությունները և տեխնիկական ընդհանրությունները Այդ համակարգը կիրառվում է կառույցների հիմքերի և սարքավորման վրա

գտնվող վերահսկվող կետերի բարձրությունների դիստանցիոն բարձր ճշտության չափումների համար:

Նկարագրված են Ռովնոյի ԱԷԿ-ում երեք նման համակարգերի արդյունաբերական փորձարկումների և ներդրման արդյունքները, որի շնորհիվ տարեկան տնտեսական օգուտը կազմում է 180 հազար ուրլի: Եզրակացություն է արված երկրի տարրեր օբյեկտներում այդպիսի համակարգերի տեղադրման անհրաժեշտության վերաբերյալ:

R. R. SINANIAN, F. A. PALIKIAN

COMMERCIAL TESTS AND INTRODUCTION OF AN IMPROVED SYSTEM OF HYDRODYNAMICAL LEVELLING IN THE ROVNO AES

A b s t r a c t

The general information and technical characteristics of developed and produced in the Yerevan polytechnical institute the Improved system of hydrodynamical levelling for remoted and high-precise measurement of building foundations and installations controlled points height positions are brought in this paper.

The results of commercial tests and introduction of three of such systems in the Rovno AES are described.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мовсисян Р. А., Таплашвили И. А., Варданян В. Н. Способ гидродинамического нивелирования—Ас 480906 (СССР). — Оpubл. в Б. И., 1975, № 30.
2. Мовсисян Р. А., Бархударян А. М. Теоретические основы гидродинамического нивелирования. — Изв. ВУЗ-ов, Геодезия и аэрофотосъемка. 1976, № 1, с. 9—14.
3. Мовсисян Р. А., Погосян А. Г., Бабаян Г. А., Джентереджян А. Г. Система гидродинамического нивелирования. А. с. 1106989 (СССР). Оpubл. в Б. И.,—1964, № 29.
4. Синанян Р. Р., Бабаян Г. А., Таплашвили И. А. Экспериментальные исследования системы гидродинамического нивелирования с полным циклом измерений. В кн.: Проблемы инженерной геодезии. Ереван: 1983, с. 34—41.
5. Трозян К. Р. Определение превышения точек с помощью гидродинамического нивелирования. — Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1980, XXXIII, № 6, с. 96—102.

Известия АН АрмССР, Науки о Земле, 1989, XLII, № 5, 69—74

УДК: 624. 131

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

С. Р. МЕСЧЯН, Т. Л. ПЕТРОСЯН

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМПРЕССИИ

Под внутренним трением [7] в не вполне упругих материалах понимают необратимые в энергетическом отношении процессы, сопровождающие циклическое деформирование тел. Необратимость этих процессов характеризуется тем, что часть энергии деформации за каждый цикл преобразуется в тепло и, в конечном счете, рассеивается.

Потребление определенной энергии на поддержание установившихся колебаний тела (как известно, для этого при идеально упругом теле не требуется потребления энергии), повышение его температуры и отдача тепла в окружающую среду, образование петли гистерезиса