

В. МААЗИК, Н. ЛУМП

## ВЛИЯНИЕ НАРУЖНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПОКАЗАНИЯ ГРАВИМЕТРА Gs-11

В связи с изучением длительных и кратковременных изменений силы тяжести на территории Эстонской ССР на повестку дня поставлен вопрос о влиянии колебаний наружной температуры на показания гравиметра.

Кратковременные изменения силы тяжести измеряются на Таллинской гравиметрической станции. Предварительные измерения показали, что температура этого помещения подчиняется влиянию наружной и колеблется в течение года в интервале от  $+11$  до  $+4^{\circ}\text{C}$ . Максимальное суточное колебание —  $0,5^{\circ}$ . Влажность большую часть времени сохраняется в пределах 100%, исключая периоды холода. Колебания температуры в этом помещении существенно не отличаются от изменений температур на других гравиметрических станциях.

По причинам, которые мы изложим ниже, было решено поддерживать температуру помещения постоянной. Для этого было установлено четыре электрорадиатора с соответствующим электронным регулирующим устройством. С их помощью температура поддерживалась на уровне  $+22^{\circ}$ ; температура гравиметра и самописца колебалась в пределах  $\pm 0,2^{\circ}$  при чувствительности термометра  $\pm 0,005^{\circ}$ .

Перед тем как начать исследование влияния температуры на показания гравиметра, изучались стабильность фототока гравиметра и линейность шкалы чувствительного гальванометра (чувствительность  $5,15 \cdot 10^{-11}$   $\text{а/мм/м}$ ).

Для контроля линейности шкалы чувствительного гальванометра была использована простая и надежная схема, изображенная на рис. 1.

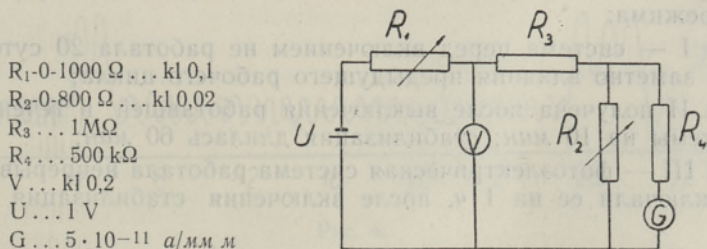


Рис. 1.

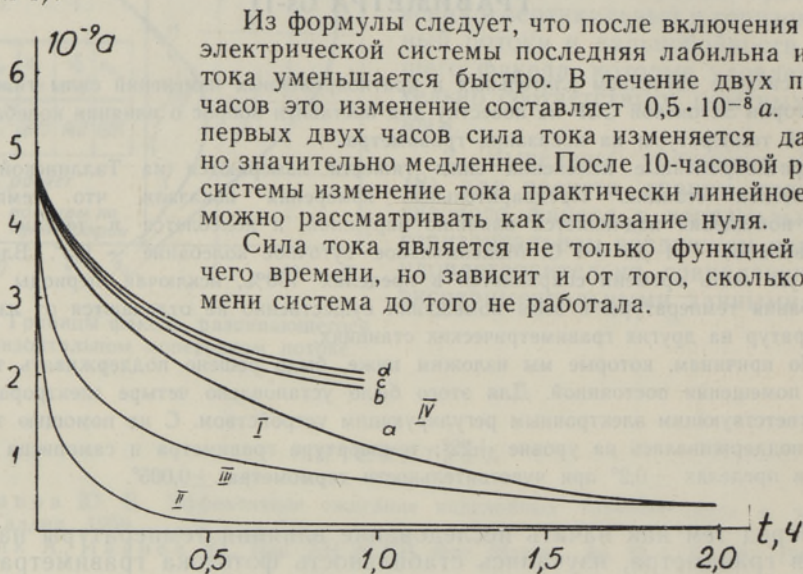
Шкала гальванометра оказалась линейной, и цена деления шкалы была устойчивой. При измерениях не было необходимости вносить поправку на нелинейность шкалы. Колебание длины деления шкалы (1 мм) в отдельных ее частях не превышало  $\pm 0,05$  мм.

Несколько слов об ошибках измерительной фотоэлектрической схемы.

Нульиндикатором гравиметра Gs-11 является фотоэлектрическая система, два фотоэлемента которой включены в мостовую схему. От этих фотоэлементов требуется очень большая стабильность, поскольку чувствительность гальванометра, как указывалось выше, очень высока. В результате повторных опытов была получена следующая функциональная зависимость тока фотоэлектрической системы от времени при условии, что интенсивность светового потока не меняется:

$$I = 5e^{-0,027t},$$

где  $I$  выражается в единицах  $10^{-9}a$ , а время  $t$  — в минутах (рис. 2, кривая I).



Из формулы следует, что после включения фотоэлектрической системы последняя лабильна и сила тока уменьшается быстро. В течение двух первых часов это изменение составляет  $0,5 \cdot 10^{-8} a$ . После первых двух часов сила тока изменяется дальше, но значительно медленнее. После 10-часовой работы системы изменение тока практически линейное и его можно рассматривать как сползание нуля.

Сила тока является не только функцией рабочего времени, но зависит и от того, сколько времени система до того не работала.

Рис. 2.

На рис. 2 приведены кривые, характеризующие зависимость тока фотоэлектрической измерительной системы от времени и предыдущего рабочего режима:

кривая I — система перед включением не работала 20 суток и на кривой не заметно влияния предыдущего рабочего цикла;

кривая II получена после выключения работавшей в течение трех суток системы на 10 мин; стабилизация длилась 60 мин;

кривая III — фотоэлектрическая система работала непрерывно 6 месяцев; выключали ее на 1 ч, после включения стабилизация длилась 4 ч;

кривые IV — фотоэлектрическая система была стабилизирована в 10-суточном рабочем цикле (кривая a); выключали ее периодически на 2 ч, причем длительность рабочего цикла между выключениями была также 2 ч (кривые a, b, c и d).

По данным завода «Askania Werke» (ФРГ), изменение температуры на  $10^{\circ}C$  вызывает в показаниях гравиметра ошибку 0,1 мгал. Следовательно, ошибка показаний гравиметра, работающего на гравиметриче-

ской станции, вызванная изменением температуры в пределах  $\pm 0,2^\circ$ , должна составлять 2 мгал. Лабораторные же исследования не подтверждают этих данных.

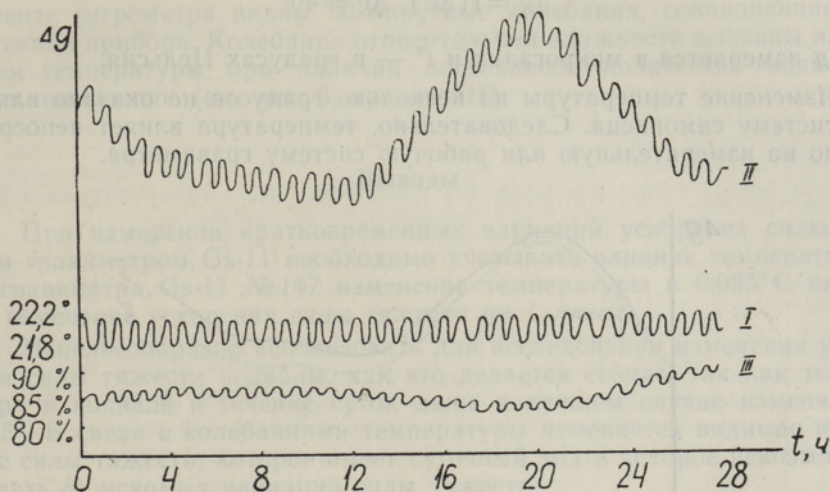


Рис. 3.

Период изменения температуры в помещении гравиметрической станции с амплитудой  $0,2^\circ\text{C}$  составлял  $50 \pm 5$  мин. Эта величина обусловлена мощностью радиаторов, тепловыми потерями помещения, тепловой инерцией, местом установки контактного термометра и т. д.

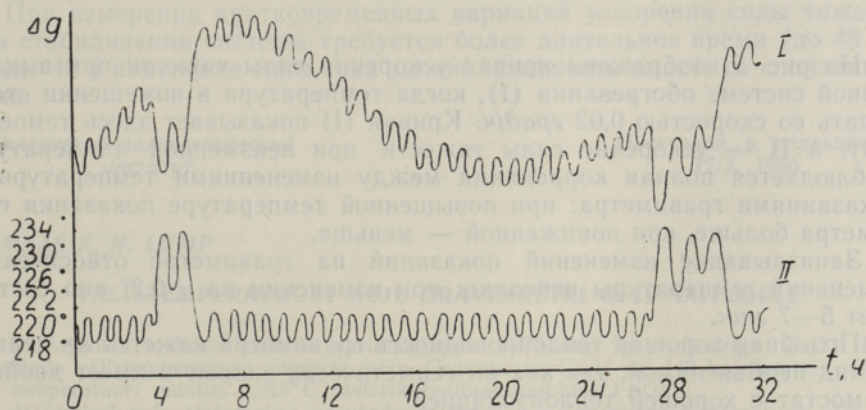


Рис. 4.

На рис. 3 и 4 (кривые I) показаны изменения температуры на Таллинской гравиметрической станции. Кривые II тех же рисунков показывают ход ускорения силы тяжести в зависимости от изменения температуры. Как видно из рисунков, кривые хорошо совпадают. Совпадают и соответствующие периоды. Амплитуда изменения ускорения силы тяжести составляет 8 мгал. Это в четыре раза больше, чем ошиб-

ка, данная заводом. Кривые I и II рис. 4 показывают, кроме того, реакцию гравиметра на искусственно вызванные изменения температуры.

Показания гравиметра меняются линейно с температурой:

$$\Delta g = f(\Delta t^\circ), \Delta g = 40t^\circ,$$

где  $g$  измеряется в микрогалах и  $t^\circ$  — в градусах Цельсия.

Изменение температуры на несколько градусов не оказало влияния на систему самописца. Следовательно, температура влияет непосредственно на измерительную или рабочую систему гравиметра.

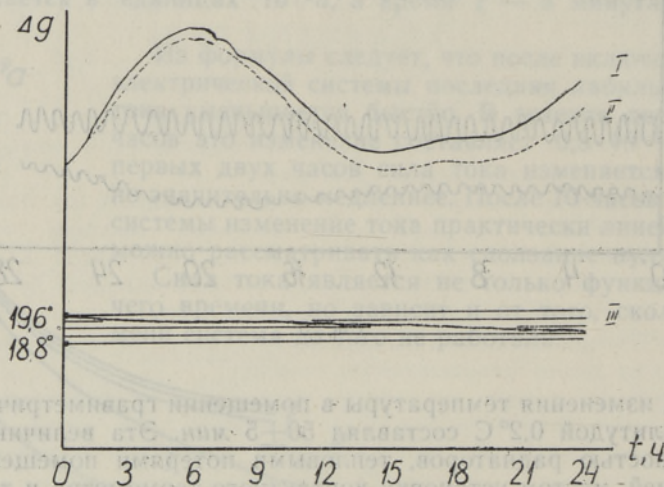


Рис. 5.

На рис. 5 изображена кривая ускорения силы тяжести при выключенной системе обогрева (I), когда температура в помещении стала падать со скоростью  $0,02$  град/ч. Кривая III показывает здесь температуру, а II — ускорение силы тяжести при неизменной температуре. Наблюдается полная корреляция между изменениями температуры и показаниями гравиметра: при повышенной температуре показания гравиметра больше, при пониженной — меньше.

Запаздывание изменений показаний на гравиметре относительно изменений температуры невелико: при изменении на  $\pm 0,2^\circ$  оно составляет  $5-7$  мин.

Подобная хорошая теплопроводность гравиметра кажется на первый взгляд необъяснимой, так как он герметически закрыт и имеет двойной термостат с хорошей теплоизоляцией.

Изучение показало, что теплопроводность осуществляется в основном через металлические детали, которые хоть и изолированы резиновыми прокладками, но соединены между собой болтами, гайками и другими металлическими деталями.

Влияние окружающих электрических полей (контакты, выключатели, реле, радиаторы и др.) устранено тем, что вся установка экранирована и заземлена. Заземлены также стенные контакты и выключатели. Гравиметр заземлен на свинцовый лист площадью  $2$  м<sup>2</sup>. Электрическое оборудование заземлено отдельно от гравиметра. Провода заземления

последнего покрыты изоляцией вплоть до листа заземления. Это должно устранять влияние на гравиметр блуждающих токов, что и подтвердилось при проверке.

Косвенные наблюдения позволяют предположить, что помехи гравиметра вызваны не электрическими полями, а изменениями температуры. На ленте гигрометра видны 50-минутные колебания, совпадающие со смещением прибора. Колебания относительной влажности вызваны изменением температуры при наличии постоянного количества водяного пара в помещении (см. рис. 3, кривая III).

### Выводы

1. При измерении кратковременных вариаций ускорения силы тяжести гравиметром Gs-11 необходимо учитывать влияние температуры; для гравиметра Gs-11 № 147 изменение температуры в  $0,025^\circ\text{C}$  вызывает изменение ускорения силы тяжести на  $1 \text{ мкгал}$ .

2. Нецелесообразно использовать для исследования изменения ускорения силы тяжести подвалы, как это делается сейчас, так как температура в подвале в течение суток даже в лучшем случае изменяется на  $0,5^\circ$ . В связи с колебаниями температуры изменяется видимое изменение силы тяжести, которое имеет суточный ход и которое невозможно отделить от искомым вариаций силы тяжести.

3. Целесообразно термостировать помещения гравиметрических станций, что, правда, вызывает периодические изменения температуры. Для таллинской установки этот период составляет  $50 \pm 5 \text{ мин}$ , но это влияние легко отличить от суточных и полусуточных вариаций силы тяжести.

4. Стабильность фотоэлектрической измерительной системы меняется после включения тока (см. зависимость на рис. 2) и стабилизируется в течение  $10 \text{ ч}$ .

При измерении кратковременных вариаций ускорения силы тяжести для стабилизации системы требуется более длительное время (до  $48 \text{ ч}$ ). После  $48 \text{ ч}$  изменение силы тока можно исключить вместе со сползанием нуля.

Таллинский политехнический  
институт

Поступила в редакцию  
17/X 1966

V. MAASIK, N. LUMP

### VÄLISTEMPERAATUURI MÕJU GRAVIMEETRI Gs-11 NÄITUDELE

Lühiajaliste raskuskiirenduse variatsioonide mõõtmisel gravimeetriga Gs-11 tuleb arvestada välistemperatuuri muutuse mõju. Gravimeetri Gs-11 nr. 147 kasutamisel põhjustab temperatuuri muutus  $0,025^\circ\text{C}$  raskuskiirenduse muutuse  $1 \mu\text{Gal}$ .

Mõõtmisel pole otstarbekas kasutada keldreid, kus ööpäevane temperatuur võib kõikuda  $0,5^\circ$ , millest tingitud raskuskiirenduse muutus omab ööpäevast käiku ja pole elimineeritav otsitavast raskuskiirenduse variatsioonist.

Gravimeetrilise jaama ruume on otstarbekas kütta. See põhjustab küll perioodilist temperatuuri muutust (Tallinna jaamas  $50 \pm 5 \text{ min.}$ ), kuid seda on poolööpäevastest ja ööpäevastest raskuskiirenduse variatsioonidest võimalik harmoonilise analüüsi abil kergesti eraldada.

Fotoelektrilise mõõtesüsteemi stabiilsus muutub pärast voolu sisselülitamist seaduse järgi  $I = 5e^{-0,027t}$  ( $I = 10^{-9}\text{A}$ ;  $t$  — minutid) ja stabiliseerub välitöödeks  $10$  tunni jooksul.

Lühiajaliste raskuskiirenduse variatsioonide mõõtmine vajab stabiliseerumiseks pikemat aega: kuni  $48$  tundi. Pärast seda võib lühiajalist raskuskiirenduse variatsiooni elimineerida koos nullpunkti nihkumisega.

V. MAASIK, N. LUMP

### EINWIRKUNG DER AUSENTEMPERATUR AUF DIE ANGABEN DES GRAVIMETERS Gs-11

Beim Messen kurzfristiger Variationen der Schwerebeschleunigung mit Hilfe eines Gravimeters muß die Wirkung der Außentemperaturänderungen in Betracht gezogen werden. Beim Gravimeter Gs-11 Nr. 147 bewirkt eine Temperaturänderung von  $0,025^{\circ}\text{C}$  eine Änderung der Schwerebeschleunigung von  $1\ \mu\text{Gal}$ .

Es ist unzweckmäßig, bei der Messung kurzfristiger Änderungen der Schwerebeschleunigung, wie es bisher der Fall ist, Räume zu benutzen, deren Temperatur sich bestenfalls im Laufe eines Tages und einer Nacht um  $0,5^{\circ}$  ändert. Die dadurch verursachte Änderung der Schwerebeschleunigung hat einen Tages-Nacht-Ablauf und ist aus der gesuchten Variation der Schwerebeschleunigung nicht zu eliminieren.

Es ist zweckmäßig, die Räume der gravimetrischen Station zu thermostatieren, was allerdings periodischen Temperaturwechsel hervorruft. Die betreffende Periode beträgt auf der Tallinner Station  $50 \pm 5$  min. Sie läßt sich aber von der Tages-Nacht-Variation der Schwerebeschleunigung leicht absondern.

Nach dem Einschalten des Stromes ändert sich die Stabilität des photoelektrischen Meßsystems nach dem Gesetz  $I = 5e^{-0,027t}$  ( $I = 10^{-9}$  A;  $t$  — Minuten) und stabilisiert sich für Außenarbeiten im Laufe von 10 Stunden. Bei der Messung kurzfristiger Variationen der Schwerebeschleunigung ist eine längere Stabilisierungszeit notwendig — bis zu 48 Stunden. Nach 48 Stunden kann die Veränderung der Stromstärke mit der Verschiebung des Nullpunkts zusammen eliminiert werden.