PHẦN VĂN BẢN QUY PHẠM PHÁP LUẬT

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG	**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM** **Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**
Số: 08/2012/TT-BTNMT	*Hà Nội, ngày 08 tháng 8 năm 2012*

THÔNG TƯ
Quy định về đo trọng lực chi tiết

Căn cứ Nghị định số 12/2012/NĐ-CP ngày 22 tháng 01 năm 2012 của Chính phủ về hoạt động đo đạc và bản đồ;

Căn cứ Nghị định số 25/2008/NĐ-CP ngày 04 tháng 3 năm 2008 của Chính phủ quy định chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn và cơ cấu tổ chức của Bộ Tài nguyên và Môi trường; Nghị định số 19/2010/NĐ-CP ngày 05 tháng 3 năm 2010 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung các điểm c, d, g, h, i khoản 5 Điều 2 và Nghị định số 89/2010/NĐ-CP ngày 16 tháng 8 năm 2010 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung Điều 3 Nghị định số 25/2008/NĐ-CP;

Xét đề nghị của Cục trưởng Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Vụ trưởng Vụ Khoa học và Công nghệ và Vụ trưởng Vụ Pháp chế;

Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường ban hành Thông tư quy định về đo trọng lực chi tiết,

Điều 1. Ban hành kèm theo Thông tư này quy định về đo trọng lực chi tiết.

Điều 2. Thông tư này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 24 tháng 9 năm 2012.

Điều 3. Bộ trưởng, Thủ trưởng cơ quan ngang Bộ, cơ quan thuộc Chính phủ, Chủ tịch Ủy ban nhân dân các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương, Cục trưởng Cục Đo đạc và Bản đồ Việt Nam, Thủ trưởng các đơn vị thuộc Bộ Tài nguyên và Môi trường và các tổ chức, cá nhân có liên quan chịu trách nhiệm thi hành Thông tư này./.

KT. BỘ TRƯỞNG
THỨ TRƯỞNG

Nguyễn Văn Đức

QUY ĐỊNH VỀ ĐO TRỌNG LỰC CHI TIẾT

(Ban hành kèm theo Thông tư số 08/2012/TT-BTNMT ngày 08 tháng 8 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường)

Mục 1
QUY ĐỊNH CHUNG

1. Phạm vi điều chỉnh

Quy định này quy định về công tác khảo sát, chọn điểm, chôn mốc, xây tường vây, đo đạc tính toán bình sai lưới trọng lực điểm tựa, xử lý tính toán kết quả đo trọng lực chi tiết, đồng thời quy định công tác kiểm tra, kiểm nghiệm các loại máy trọng lực, quy định kiểm tra nghiệm thu và giao nộp sản phẩm của lưới trọng lực điểm tựa, các điểm trọng lực chi tiết đo trên mặt đất, trên biển và trên không.

2. Đối tượng áp dụng

Quy định này áp dụng đối với tất cả các đơn vị, tổ chức, cá nhân tham gia thực hiện các nhiệm vụ, đề án, dự án sản xuất về lĩnh vực đo trọng lực trên mặt đất, trên biển và trên không phục vụ cho công tác trắc địa, địa chất, thăm dò khoáng sản và các lĩnh vực khác có liên quan.

3. Giải thích từ ngữ

3.1. Đơn vị đo trọng lực được tính bằng miligal (mGal).

3.2. Hệ thống trọng lực quốc gia bao gồm các điểm trọng lực cơ sở, trọng lực hạng I và các điểm trọng lực vệ tinh của chúng.

3.3. Hệ thống số liệu trọng lực quốc gia là giá trị trọng lực của các điểm: trọng lực cơ sở, trọng lực hạng I và các điểm trọng lực vệ tinh của chúng được xác định thống nhất cho cả nước.

3.4. Các điểm trọng lực gốc quốc gia là các điểm có dấu mốc cố định, lâu dài, được xác định giá trị trọng lực bằng phương pháp tuyệt đối.

3.5. Điểm tựa trọng lực là các điểm khởi tính (điểm gốc) được phát triển từ các điểm trọng lực quốc gia và được sử dụng để xây dựng các mạng lưới trọng lực chi tiết.

3.6. Dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực là sự thay đổi số đọc của máy trọng lực tại một điểm theo thời gian do sự biến dạng của hệ thống đàn hồi máy trọng lực không tỷ lệ thuận với giá trị trọng lực.

3.7. Chuyến đo trọng lực là tập hợp các kết quả đo liên tục trên một số điểm liên kết với nhau và có cùng một đặc trưng chung là độ dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực thay đổi tuyến tính.

Mục 2
QUY ĐỊNH KỸ THUẬT

1. Các giá trị gia tốc lực trọng trường (sau đây gọi là giá trị trọng lực) của các điểm trọng lực chi tiết (sau đây gọi là điểm chi tiết) được sử dụng trong ngành đo đạc và bản đồ để giải quyết các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật bao gồm chuyển các chênh cao thủy chuẩn nhà nước đo được về độ cao chuẩn của Quả đất; xác định các thành phần độ lệch dây dọi và độ cao Quasigeoid của các điểm trên bề mặt vật lý của Quả đất.

Các đơn vị của giá trị trọng lực bao gồm Gal, mGal (miliGal), μGal (microGal) và có các quan hệ sau:

$$1\ \text{Gal} = \text{cm.s}^{-2} = 10^{-2}.\text{m.s}^{-2}.$$

$$1\ \text{mGal} = 10^{-3}.\text{Gal}.$$

$$1\ \mu\text{Gal} = 10^{-3}.\text{mGal} = 10^{-6}.\text{Gal}.$$

2. Các giá trị trọng lực chi tiết bao phủ đồng đều trên toàn bộ lãnh thổ quốc gia và được bố trí trong các ô chuẩn kích thước 3’ x 3’. Mỗi ô chuẩn có không ít hơn 3 giá trị trọng lực chi tiết đối với trường hợp đo trọng lực mặt đất.

3. Công tác đo trọng lực chi tiết được tiến hành dọc theo các tuyến thủy chuẩn nhà nước hạng I, II, các tuyến thủy chuẩn hạng III ở khu vực vùng núi hoặc để đo bổ sung trọng lực chi tiết tại các khu vực chưa có các giá trị trọng lực chi tiết trên lãnh thổ quốc gia.

4. Sai số trung phương xác định giá trị trọng lực của các điểm chi tiết không được vượt quá ± 0,74 mGal đối với các khu vực đồng bằng, trung du và ± 1,00 mGal đối với khu vực núi cao và vùng biển.

5. Trên đất liền tại các khu vực có các điều kiện giao thông thuận lợi, dễ dàng di chuyển bằng các phương tiện đường bộ (chủ yếu ở vùng đồng bằng, trung du và một số khu vực vùng núi) công tác đo trọng lực chi tiết được thực hiện bằng các máy trọng lực mặt đất quy định tại Phụ lục 1 ban hành kèm theo Quy định này.

Tại các khu vực rừng núi không thuận lợi cho việc di chuyển bằng các phương tiện đường bộ phải sử dụng phương pháp đo trọng lực hàng không với việc sử dụng máy trọng lực được lắp đặt trên máy bay quy định tại Phụ lục 2 ban hành kèm theo Quy định này.

Việc đo trọng lực chi tiết trên biển được thực hiện nhờ máy trọng lực biển được lắp đặt trên tàu thủy quy định tại Phụ lục 3 ban hành kèm theo Quy định này hoặc máy trọng lực hàng không được lắp đặt trên máy bay.

6. Các điểm tựa trọng lực (sau đây gọi là điểm tựa) được sử dụng làm các điểm khởi tính để phát triển các mạng lưới điểm chi tiết nhằm các mục đích xác định đồ thị dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực, kiểm tra chất lượng của các tuyến đo trọng lực chi tiết và chuyển giá trị trọng lực của các điểm chi tiết về hệ thống trọng lực quốc gia.

7. Các điểm khởi tính của mạng lưới điểm tựa là các điểm trọng lực quốc gia. Các điểm khởi tính của mạng lưới điểm chi tiết là các điểm tựa và các điểm trọng lực quốc gia.

8. Đồ hình lưới điểm tựa, điểm chi tiết có dạng tuyến khi đo khép giữa hai điểm khởi tính (sau đây được gọi là tuyến đo khép), các đa giác khép kín với một điểm khởi đo hoặc một mạng lưới các đa giác khép kín được liên kết với nhau và có một số điểm khởi tính.

Điểm khởi đo (là điểm bắt đầu tiến hành đo trọng lực) trong đa giác có thể là điểm khởi tính hoặc chọn điểm bất kỳ của đỉnh đa giác làm điểm khởi đo.

9. Một chuyến đo trên một tuyến đo khép là tập hợp các phép đo liên tục trên các điểm khởi tính và các điểm cần xác định của tuyến đo đó.

Một chuyến đo trên một đa giác khép kín là tập hợp các phép đo liên tục trên điểm khởi đo và các điểm cần xác định của đa giác khép kín đó.

10. Khoảng thời gian đo của chuyến đo phải đảm bảo yêu cầu độ chính xác đo trong điều kiện độ dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực thay đổi tuyến tính.

11. Trong toàn bộ thời gian thực hiện công trình đo trọng lực phải thường xuyên xác định đồ thị độ dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực.

12. Các kết quả đo trọng lực được coi là độc lập, nếu chúng được thực hiện theo sơ đồ ABA hoặc ABAB bởi một máy hoặc nhóm máy trọng lực vào các thời gian khác nhau.

13. Số gia các giá trị trọng lực giữa các điểm thuộc các mạng lưới các điểm tựa, các điểm chi tiết được xác định bằng phương pháp đo trọng lực tương đối.

Mạng lưới điểm tựa, điểm chi tiết có dạng các tuyến đo khép hoặc các đa giác khép kín được tính toán bình sai chặt chẽ theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

14. Việc xây dựng các mạng lưới điểm tựa nhằm giải quyết các nhiệm vụ khoa học - kỹ thuật quan trọng của ngành tài nguyên và môi trường là công việc đòi hỏi chi phí nhiều về vật chất và sức lực, yêu cầu phải tuân thủ nghiêm ngặt các quy định về khảo sát, chọn điểm, chôn mốc, mật độ điểm, độ chính xác đo trọng lực, độ chính xác vị trí mặt bằng và độ cao của các điểm theo đúng các quy định tại Mục 3 của Quy định này.

15. Các thiết bị đo trọng lực phải được kiểm tra, kiểm nghiệm chặt chẽ theo đúng các quy định tại Mục 5 của Quy định này trước khi tiến hành đo ngoại nghiệp.

16. Việc tính toán các kết quả đo trọng lực phải được thực hiện theo đúng các quy trình tính toán của các loại máy đo trọng lực.

17. Trong quá trình xây dựng mạng lưới điểm tựa đo trọng lực chi tiết, các sản phẩm phải được kiểm tra, nghiệm thu và giao nộp theo đúng quy định tại Mục 7 của Quy định này.

Mục 3
MẠNG LƯỚI ĐIỂM TỰA TRỌNG LỰC

1. Mạng lưới điểm tựa được phát triển dựa trên các điểm trọng lực quốc gia (các điểm trọng lực cơ sở, trọng lực hạng I và các điểm vệ tinh của chúng) hoặc các điểm trọng lực có độ chính xác tương đương.

2. Trong trường hợp đo trọng lực trên mặt đất, tùy theo độ phức tạp của bề mặt địa hình lựa chọn khoảng cách giữa hai điểm tựa kề nhau, nhưng khoảng cách này phải nằm trong khoảng từ 8 km đến 45 km.

3. Sai số trung phương xác định số gia các giá trị trọng lực giữa hai điểm tựa không được vượt quá ± 0,60 mGal. Sai số trung phương giá trị trọng lực sau bình sai của các điểm tựa so với các điểm trọng lực quốc gia không được vượt quá ± 0,45 mGal.

4. Các điểm tựa trọng lực phải xây dựng ở các vị trí dễ nhận biết, thuận lợi cho công tác đo ngắm và xác định tọa độ, độ cao.

Vị trí xây dựng mốc điểm tựa phải chọn nơi có nền đất vững chắc ổn định, có khả năng bảo quản lâu dài; cần tránh nơi dễ ngập nước, dễ bị sạt lở, gò, đống, đê, bờ sông bồi lở; nền đất mượn (mới tôn nền); nơi sẽ xây dựng các công trình công nghiệp, nhà máy trụ sở làm việc, nhà ở, mở rộng đường giao thông, các công trình kiến trúc sắp bị phá hủy hoặc tu sửa, cải tạo lại; nơi tập trung đông người như chợ, nhà ga, bến ô tô, trung tâm thương mại, công viên...; nơi có nguồn chấn động lớn như cạnh đường xe lửa, trục đường ôtô, công trường xây dựng, nhà máy, đường dây cao thế, cây to đứng độc lập... và những vùng hay xảy ra động đất hoặc nhiễu từ.

5. Mốc và tường vây bảo vệ điểm tựa trọng lực được đúc thành khối bê tông mác M25 (Tiêu chuẩn Việt Nam số 39/TCVN 6025), kích thước mốc và tường vây được quy định tại Phụ lục 8 ban hành kèm theo Quy định này. Mốc điểm tựa trọng

lực phải đổ bằng khuôn gỗ, trong quá trình đổ bê tông phải đầm chặt, đều để bệ mốc khỏi bị rỗ. Thời gian dỡ cốp pha phụ thuộc vào thời tiết và chất lượng bê tông, nhưng không được rút ngắn dưới 24 giờ.

Trên mặt mốc có gắn dấu mốc trọng lực làm bằng hợp kim gang - đồng ở giữa và được ghi chú đầy đủ các thông tin về mốc gồm: số hiệu điểm, ngày tháng chôn mốc. Chi tiết quy định tại Phụ lục 8 và Phụ lục 9 ban hành kèm theo Quy định này.

Số hiệu điểm có cấu trúc: TL - Ký hiệu vùng đo - số hiệu điểm. Ký hiệu vùng đo được quy định tại Phụ lục 10 ban hành kèm theo Quy định này. Số hiệu điểm ghi trên mặt mốc phải rõ ràng và phải đúng kích cỡ chữ, số theo quy định. Ví dụ: TL - TBa - 07: Số hiệu điểm của điểm tựa trọng lực số 7 được chôn tại vùng Tây Bắc.

6. Mặt trên của mốc cần phải gia cố bằng phẳng và in các thông tin về mốc, đầu của chữ quay về hướng Bắc. Mặt mốc phải chôn ngang với mặt đất (ở các sân bay, cầu cảng) hoặc cao hơn mặt đất 5 cm (ở ven đường ô tô, trong cơ quan, trường học...).

Ở những nơi có vỉa đá vững chắc có thể gắn dấu mốc, nhưng cần phải đục mặt vỉa đá để đổ bê tông cho mặt mốc bằng phẳng có kích thước theo đúng quy định.

Trong trường hợp lợi dụng các nền móng kiên cố, bằng phẳng, chỉ cần gắn dấu mốc trên nền móng hoặc trên tường vuông góc với vị trí dự kiến đặt máy đo trọng lực. Khi gắn dấu mốc lên các địa vật cố định phải đục lỗ ở chỗ đã chọn, lấy nước rửa sạch vị trí vừa đục, đổ xi măng, cát theo tỷ lệ 1: 2. Sau đó tiến hành gắn dấu mốc sao cho mặt trên của dấu bằng với mặt phẳng của các địa vật có sẵn (nền, tường). Cần lưu ý là phải cố định dấu mốc cho đến khi vữa xi măng đông cứng. Xi măng dùng để đổ mốc gắn dấu mốc là loại xi măng có mác P300 trở lên. Đá dăm hoặc sỏi phải được rửa sạch; cát vàng không lẫn tạp chất. Vữa bê tông phải trộn đều, đủ dẻo (không khô hoặc nhão quá) theo đúng tỷ lệ.

7. Sau khi chôn, gắn dấu mốc xong, phải vẽ ghi chú điểm. Bản ghi chú điểm phải cập nhật đầy đủ các thông tin gồm: tên mốc, số hiệu và cấp hạng mốc, sơ đồ vị trí điểm, khoảng cách từ mốc đến các vật chuẩn, kinh vĩ độ và độ cao khái lược của mốc, địa chỉ nơi đặt mốc, đường giao thông đi đến điểm, tên đơn vị thi công và người chọn điểm, chôn mốc, người dẫn điểm, người vẽ ghi chú điểm, người kiểm tra, ngày kiểm tra, ngày tháng năm chọn điểm, chôn mốc, vẽ ghi chú điểm. Chi tiết quy định tại xem Phụ lục 11 ban hành kèm theo Quy định này.

Các vật chuẩn được chọn phải là các địa vật cố định đặc trưng như cây độc lập, mố cầu, góc đền chùa, lô cốt, cột điện....

Điểm tựa trọng lực sau khi chọn chôn xong phải đưa lên bản đồ địa hình tỷ lệ 1/50.000 để xác định tọa độ mặt phẳng.

Sau khi chôn mốc xong phải tiến hành lập biên bản bàn giao mốc, dấu mốc đo đạc cho chính quyền địa phương quản lý và bảo vệ, phải có cán bộ địa chính xã (phường) nhận bàn giao mốc tại thực địa. Chi tiết quy định tại xem Phụ lục 12 ban hành kèm theo Quy định này.

8. Đối với trường hợp đo trọng lực biển bằng tàu thủy, các điểm tựa được bố trí trên các cầu cảng, các đảo ở các vị trí thuận lợi để đo nối trọng lực tiếp theo vào vị trí đặt máy trọng lực trên tàu đang neo đậu trong trạng thái yên tĩnh ở bến cảng, còn đối với trường hợp đo trọng lực hàng không, các điểm tựa được bố trí trong các sân bay ở các vị trí thuận lợi để đo nối trọng lực tiếp theo vào vị trí đặt máy trọng lực trên máy bay đang đậu trên sân bay.

9. Các giá trị trọng lực của các điểm tựa là thành phần của cơ sở dữ liệu trọng lực quốc gia. Do đó yêu cầu phải xác định tọa độ và độ cao nhà nước của các điểm tựa. Các tọa độ mặt bằng tương ứng với hệ tọa độ quốc gia được xác định với độ chính xác không được thấp hơn 20 m. Độ cao chuẩn của điểm tựa được xác định với độ chính xác không được thấp hơn 1 m.

10. Mỗi điểm tựa được đo không ít hơn hai lần đo độc lập. Nếu đo bằng nhiều máy thì giá trị đo của mỗi máy là giá trị đo độc lập. Giá trị đo cuối cùng của số gia các giá trị trọng lực Δg giữa hai điểm kề nhau trong mạng lưới điểm tựa bằng giá trị trung bình của các giá trị số gia giá trị trọng lực đo được trong các lần đo độc lập.

11. Đối với cạnh AB bất kỳ giữa hai điểm tựa A và B trong mạng lưới điểm tựa, mỗi lần đo được thực hiện theo sơ đồ A - B - A. Khi đo trên mỗi điểm lần lượt lấy 3 số đọc. Các mẫu sổ đo điểm tựa trọng lực và Tính toán các số gia trọng lực giữa các điểm tựa trọng lực theo mẫu quy định tại Phụ lục 13 và Phụ lục 15 ban hành kèm theo Quy định này.

12. Các kết quả đo lưới điểm tựa phải hiệu chỉnh các số cải chính do dịch chuyển điểm 0 theo quy định tại khoản 3, khoản 4 và khoản 5 Mục 6 của Quy định này.

13. Để nâng cao độ chính xác xác định giá trị trọng lực của các điểm tựa cần sử dụng các biện pháp sau:

13.1. Sử dụng các máy đo trọng lực chính xác hơn;

13.2. Đo nhiều lần bằng một nhóm máy trọng lực;

13.3. Giảm chiều dài các nhánh đo của chuyến đo;

13.4. Vận chuyển các máy trọng lực trong các điều kiện thuận lợi.

14. Khoảng thời gian của một chuyến đo trong mạng lưới điểm tựa phải đảm bảo điều kiện độ dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực thay đổi tuyến tính.

15. Đối với mạng lưới điểm tựa ở dạng tuyến đo giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi tính, việc xử lý các kết quả đo được thực hiện theo quy định tại Mục 6 của Quy định này.

16. Mạng lưới điểm tựa có dạng tuyến đo điểm tựa khép, đa giác điểm tựa khép kín hoặc mạng lưới bao gồm các đa giác điểm tựa khép kín phải được bình sai chặt chẽ theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Mục 4
MẠNG LƯỚI ĐIỂM CHI TIẾT

1. Các quy định chung đối với đo trọng lực chi tiết

1.1. Mạng lưới điểm chi tiết được phát triển dựa trên các điểm khởi tính là các điểm tựa, các điểm trọng lực quốc gia. Giá trị trọng lực của các điểm khởi tính được xác định trong hệ thống trọng lực quốc gia.

1.2. Số hiệu của điểm chi tiết được xác định theo quy định sau: CT - Tên công trình - Số thứ tự điểm. Ví dụ CT - PRNT - 15: Điểm chi tiết số 15 trong công trình đo trọng lực Phan Rang - Nha Trang.

1.3. Thời gian đo giữa các chuyến đo trong mạng lưới điểm chi tiết phụ thuộc vào yêu cầu độ chính xác của lưới, sự thay đổi tuyến tính dịch chuyển điểm 0 của máy trọng lực.

1.4. Đối với trường hợp đo trọng lực chi tiết dọc theo tuyến thủy chuẩn nhà nước, quy định về khoảng cách cho phép giữa hai điểm chi tiết kề nhau quy định tại Bảng 1 điểm 1.8 khoản 1 Mục 4 ban hành kèm theo Quy định này.

Đối với trường hợp đo trọng lực chi tiết để phủ kín các khu vực còn chưa có giá trị trọng lực trên lãnh thổ quốc gia, tùy theo sự phức tạp của địa hình lựa chọn khoảng cách giữa hai điểm chi tiết kề nhau, nhưng khoảng cách lớn nhất không được lớn hơn 4 km.

1.5. Vị trí của các điểm chi tiết được xác định trong Hệ tọa độ quốc gia VN2000 với sai số trung phương mặt phẳng không lớn hơn ± 80 m. Độ cao của các điểm chi tiết được xác định trong Hệ độ cao quốc gia với sai số trung phương không lớn hơn ± 2 m.

1.6. Sai số trung phương của số gia các giá trị trọng lực giữa hai điểm chi tiết kề nhau trong tuyến đo chi tiết không được lớn hơn ± 0,85 mGal. Sai số trung

phương của giá trị trọng lực của điểm chi tiết sau bình sai so với các điểm tựa không được lớn hơn ± 0,60 mGal

1.7. Trong trường hợp đo trọng lực chi tiết trên mặt đất, trên mỗi điểm chi tiết lấy 3 số đọc. Các mẫu sổ đo điểm trọng lực chi tiết và tính toán các số gia giá trị trọng lực giữa các điểm chi tiết theo mẫu quy định tại Phụ lục 14 và Phụ lục 16 ban hành kèm theo Quy định này.

1.8. Đối với các đường thủy chuẩn hạng I, hạng II và hạng III ở khu vực miền núi cần phải tính chuyển chênh cao đo về Hệ độ cao chuẩn.

Phụ thuộc vào độ nghiêng của địa hình tgβ = h/S trên đoạn đo thủy chuẩn với chiều dài S và chênh cao h, việc chọn mật độ các điểm đo trọng lực chi tiết dọc theo tuyến thủy chuẩn được quy định ở bảng 1 dưới đây.

Bảng 1

Hạng thủy chuẩn nhà nước	**Khoảng cách (km) giữa các điểm trọng lực dưới các độ nghiêng tgβ của địa hình**				
	> 0,2	0,2 - 0,1	0,1 - 0,08	0,08 - 0,06	0,06 - 0,04
I	-	-	1	2	2
II	1	2 - 3	4	4	6
III	2 - 3	6	6	8	

Chênh cao đo $h'_{i,k}$ giữa hai mốc thủy chuẩn i và k được chuyển về chênh cao chuẩn $h_{i,k}$ theo công thức

$$h_{i,k} = h'_{i,k} + f,$$

Số cải chính f được xác định theo công thức

$$f = -\frac{1}{\gamma_m}(\gamma_{0k} - \gamma_{0i}) \cdot H_m^{(0)} + \frac{1}{\gamma_m} \cdot (g - \gamma)_m \cdot h'_{i.k},$$

Trong đó, γ_m là giá trị trung bình của giá trị trọng lực chuẩn (đơn vị mGal) trong khu vực đo thủy chuẩn quốc gia; γ_{0i} và γ_{0k} là các giá trị trọng lực chuẩn (đơn vị mGal) trên mặt Ellipsoid tương ứng với các điểm i và k; $H_m^{(0)}$ là độ cao trung bình (đơn vị m) của các độ cao gần đúng của hai điểm i và k; $(g - \gamma)_m$ là dị thường trọng lực trung bình (đơn vị mGal) giữa các điểm i và k. Đối với vùng đồng bằng sử dụng dị thường trọng lực trong không khí tự do, vùng núi sử dụng dị thường trọng lực Faye.

Giá trị trọng lực chuẩn γ_0 trên mặt Ellipsoid WGS-84 được xác định theo công thức:

$$\gamma_0 = 978032{,}53359.\ (1 + 0{,}0053024.\sin^2 B - 0{,}0000058.\sin^2 2B)\ <\text{mGal}>,\ (1)$$

Trong đó, B là vĩ độ trắc địa của khu vực đo.

1.9. Dị thường trọng lực trong không khí tự do của điểm đo trên bề mặt Quả đất được xác định theo công thức:

$$(g-\gamma)_{KKTD} = g - \gamma_0 + 0{,}3086 \cdot H^{\gamma},\ (2)$$

Trong đó, g và H^{γ} là giá trị trọng lực (đơn vị mGal) và độ cao chuẩn (đơn vị m) của điểm đo; giá trị trọng lực chuẩn γ_0 trên mặt Ellipsoid WGS-84 tương ứng với điểm đo được xác định theo công thức (1).

Sai số trung phương xác định dị thường trọng lực trong không khí tự do được xác định theo công thức sau:

$$m_{(g-\gamma)KKTD} = \sqrt{m_g^2 + (0{,}3086)^2 . m_{H^{\gamma}}^2}$$

Trong đó, m_g là sai số trung phương giá trị trọng lực của điểm chi tiết; $m_{H^{\gamma}}$ là sai số trung phương độ cao chuẩn của điểm chi tiết.

1.10. Đối với trường hợp đo trọng lực hàng không trên đất liền, dị thường trọng lực trong không khí tự do tại điểm P trên máy bay vào thời điểm đo t được tính theo công thức có dạng:

$$(g-\gamma)_{KKTD} = g_P - \gamma_0 + 0{,}3086 \cdot \left(H_{P'}^{\gamma} + h\right),$$

Trong đó, g_P là giá trị trọng lực đo được trên máy bay; $H_{P'}^{\gamma} + h$ là độ cao chuẩn của điểm p trên máy bay, h là độ cao tuyến bay, $H_{P'}^{\gamma}$ là độ cao chuẩn của điểm P' trên mặt vật lý của Quả đất, đồng thời điểm P' là hình chiếu của điểm P theo phương vuông góc với bề mặt Quả đất.

Đối với trường hợp đo trọng lực hàng không trên biển, dị thường trong không khí tự do tại điểm P trên máy bay vào thời điểm đo t được tính theo công thức có dạng:

$$(g-\gamma)_{KKTD} = g_P - \gamma_0 + 0{,}3086 \cdot h,$$

Trong đó, g_P là giá trị trọng lực đo được trên máy bay; h là độ cao tuyến bay so với mực nước biển.

Giá trị trọng lực chuẩn γ_0 trên mặt Ellipsoid WGS-84 tương ứng với điểm đo được xác định theo công thức (1).

Sai số trung phương xác định dị thường trọng lực chân không được xác định theo công thức sau:

$$m_{(g-\gamma)KKTD} = \sqrt{m_g^2 + (0,3086)^2.m_{H^\gamma}^2 + (0,3086)^2.m_h^2},$$

Trong đó, m_g là sai số trung phương giá trị trọng lực của điểm P; m_{H^γ} là sai số trung phương độ cao chuẩn của điểm P'; m_h là sai số trung phương độ cao tuyến bay.

1.11. Trong trường hợp đo trọng lực biển bằng tàu thủy, về nguyên tắc dị thường trong không khí tự do được xác định theo công thức (2), trong đó H^γ là độ cao chuẩn (đơn vị m) của điểm đo trên tàu so với mặt nước biển trung bình.

Dị thường trọng lực trong không khí tự do của điểm tương ứng với điểm đo trên tàu và nằm trên mặt nước biển trung bình được xác định theo công thức sau:

$$(g-\gamma)_{KKTD} = g - \gamma_0 + 0,3086.h,$$

Trong đó, h là độ cao của máy trọng lực so với mực nước biển; giá trị trọng lực chuẩn γ_0 trên mặt Ellipsoid WGS-84 tương ứng với điểm đo được xác định theo công thức (1).

Sai số trung phương xác định dị thường trọng lực trong không khí tự do được xác định theo công thức sau:

$$m_{(g-\gamma)KKTD} = \sqrt{m_g^2 + (0,3086)^2.m_h^2},$$

Trong đó, m_g là sai số trung phương giá trị trọng lực của điểm đo; m_h là sai số trung phương độ cao của máy trọng lực so với mực nước biển.

1.12. Trên đất liền, dị thường trọng lực Faye (sau đây gọi là dị thường Faye) được xác định theo công thức:

$$(g-\gamma)_F = (g-\gamma)_{KKTD} + \Delta g_p$$

Trong đó, Δg_p là số cải chính do ảnh hưởng của mặt địa hình.

Sai số trung phương của dị thường Faye được xác định theo công thức:

$$m_{(g-\gamma)F} = \sqrt{m_{(g-\gamma)KKTD}^2 + m_{\Delta g_P}^2},$$

Trong đó, $m_{\Delta g_P}$ là sai số trung phương của số cải chính địa hình.

Đối với vùng đồng bằng, bán kính vùng tính toán số cải chính do ảnh hưởng của mặt địa hình được nhận bằng 50 km. Đối với vùng núi, bán kính vùng tính toán tăng đến 200 km.

1.13. Trên đất liền, dị thường trọng lực Bughe (sau đây gọi là dị thường Bughe) được tính theo công thức sau:

$$(g - \gamma)_B = (g - \gamma)_F + \Delta g_B,$$

Trong đó, dị thường trọng lực Faye được tính theo công thức trình bày tại khoản 1.12 Mục 4 của Quy định này, số cải chính Bughe được tính theo công thức:

$$\Delta g_B = -2\pi.f.\delta.H^{\gamma} = -0{,}0419.\delta,0^{\gamma} = k.H^{\gamma},$$

k = - 0,0418·δ (đơn vị mGal/m).

Khi mật độ vật chất $\delta = 2{,}67$ g/cm^3: k = - 0,1117 mGal/m.

Khi mật độ vật chất $\delta = 2{,}3$ g/cm^3: k = - 0,0962 mGal/m.

Sai số trung phương của dị thường Bughe được xác định theo công thức:

$$m_{(g-\gamma)B} = \sqrt{m^2_{(g-\gamma)_F} + m^2_{\Delta g_B}},$$

Trong đó, $m_{\Delta g_B}$ là sai số trung phương của số cải chính Bughe và được đánh giá theo công thức:

$$m_{\Delta g_B} = k.m_{H^{\gamma}},$$

Trong đó, $m_{H^{\gamma}}$ là sai số trung phương độ cao chuẩn của điểm đo.

1.14. Đối với trường hợp đo trọng lực biển, dị thường Bughe được xác định theo công thức:

$$(g-\gamma)_B = (g-\gamma)_{KKTD} + 0{,}0419\cdot(\delta - \delta_b)\cdot d,$$

Trong đó, δ là mật độ vật chất của đất liền (đơn vị g/cm^3), δ_b là mật độ vật chất của nước biển và được nhận bằng 1,03 g/cm^3, d là độ sâu địa hình đáy biển (đơn vị m).

Khi mật độ vật chất δ = 2,67 g/m^3, dị thường Bughe trên biển được xác định theo công thức:

$$(g-\gamma)_B = (g-\gamma)_{KKTD} + 0{,}0686.d$$

Khi mật độ vật chất δ = 2,3 g/m^3, dị thường Bughe trên biển được xác định theo công thức:

$$(g-\gamma)_B = (g-\gamma)_{KKTD} + 0{,}0531.d$$

Sai số trung phương xác định dị thường Bughe được xác định theo công thức sau:

$$m_{(g-\gamma)B} = \sqrt{m^2_{(g-\gamma)_{KKTD}} + (0{,}0419.(\delta - \delta_b))^2.m_d^2},$$

Trong đó, m_d là sai số trung phương xác định độ sâu tại điểm đo.

2. Đo trọng lực chi tiết trên mặt đất

2.1. Các điểm chi tiết cần được chọn vị trí thuận lợi cho việc lắp đặt máy và đo ngắm. Thông thường, các điểm trọng lực chi tiết được thiết kế theo các tuyến đo thẳng. Trong trường hợp đặc biệt, tuyến đo có thể thiết kế lệch đường thẳng, nhưng chỉ được phép trong các trường hợp sau:

a) Tránh các khu vực không thuận tiện cho công tác đo ngắm như đầm lầy, khu dân cư, các công trường....;

b) Cần đo dọc các con đường, khe núi, đường mòn...;

c) Liên kết tuyến đo với các tuyến đo đã có từ trước.

2.2. Các điểm chi tiết được chôn bằng các cọc gỗ trên nền đất mềm hoặc đánh dấu bằng sơn trên nền đường nhựa, đường bê tông và phải đảm bảo tồn tại trên thực địa trong suốt thời gian thực hiện dự án.

2.3. Về nguyên tắc việc đo trọng lực trong các chuyến đo chỉ thực hiện một lần. Phụ thuộc vào độ chính xác đo trọng lực chi tiết, mỗi điểm chi tiết có thể được đo không ít hơn 2 lần đo độc lập. Nếu trong quá trình đo sử dụng nhiều máy trọng lực, thì giá trị đo của mỗi máy là giá trị đo độc lập.

Trình tự một lần đo được bắt đầu từ điểm tựa, lần lượt đo trên các điểm chi tiết và khép về điểm tựa.

2.4. Tại các khu vực địa hình phức tạp, đi lại khó khăn, trong quá trình đo chi tiết cần sử dụng đồng thời 3 máy trọng lực để tránh trường hợp phải đo lại do phát hiện trị đo thô bởi một trong các máy trọng lực.

2.5. Để đánh giá chất lượng đo trọng lực chi tiết phải tiến hành các chuyến đo kiểm tra độc lập qua một số điểm của các chuyến đo của công trình đã được thực hiện. Khối lượng đo kiểm tra chiếm 10% khối lượng đo chung.

2.6. Các chuyến đo được coi là đạt chất lượng, nếu hiệu các số gia giá trị trọng lực cùng tên được xác định từ kết quả đo của các chuyến đo công trình và các kết quả đo của các chuyến đo kiểm tra không vượt quá hai lần sai số trung phương của số gia các giá trị trọng lực được thiết kế trong thiết kế kỹ thuật - dự toán của khu đo.

2.7. Đối với mạng lưới điểm chi tiết ở dạng tuyến đo giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi tính, việc xử lý các kết quả đo được thực hiện theo các quy định được trình bày tại Mục 6 của Quy định này.

2.8. Tuyến đo điểm chi tiết khép giữa hai điểm khởi tính, đa giác điểm chi tiết khép kín với một điểm khởi tính hoặc mạng lưới bao gồm các đa giác điểm chi tiết khép kín phải được bình sai chặt chẽ theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

Đối với lưới điểm chi tiết cùng độ chính xác, việc bình sai được thực hiện theo trình tự quy định tại khoản 10 Mục 6 của Quy định này.

3. Đo trọng lực bằng máy trọng lực biển và máy trọng lực hàng không

3.1. Các quy định chung đối với đo trọng lực bằng máy trọng lực biển và máy trọng lực hàng không

a) Máy trọng lực biển được lắp đặt trên tàu thủy để đo trọng lực trên biển. Máy trọng lực hàng không được lắp đặt trên máy bay để đo trọng lực cả trên biển lẫn trên đất liền. Đo trọng lực biển hoặc trọng lực hàng không có những đặc điểm sau:

- Do sự chuyển động của tàu thủy hoặc máy bay nên ảnh hưởng của lực quán tính và độ nghiêng của máy đến các số đọc của máy trọng lực lớn hơn hàng trăm và hàng ngàn lần so với yêu cầu độ chính xác xác định giá trị trọng lực. Do đó, phải áp dụng tất cả các biện pháp có thể để loại trừ ảnh hưởng của các yếu tố nêu trên;

- Phải xác định liên tục hoặc ngắt quãng các giá trị tọa độ của các điểm đo trên tàu thủy hoặc trên máy bay, độ sâu địa hình đáy biển trong đo biển hoặc độ cao tuyến bay trong đo hàng không, phương hướng và tốc độ chuyển động của tàu thủy hoặc máy bay;

- Công tác đo được thực hiện trong khoảng thay đổi rộng của giá trị trọng lực đối với các chuyến đo dài theo thời gian. Do đó phải chuẩn chính xác máy trọng lực. Kiểm tra sự ổn định của máy trọng lực được thực hiện trong toàn bộ chuyến đo.

b) Các tuyến đo tốt nhất được thiết kế theo hướng Bắc - Nam để triệt tiêu ảnh hưởng của hiệu ứng Eotvos.

Đối với công tác đo trọng lực biển, tùy theo điều kiện thực tế của hướng sóng, gió trên khu đo tiến hành thiết kế các tuyến chạy tàu theo hướng phù hợp nhất, tránh để tàu chạy cắt ngang sóng.

Đối với công tác đo trọng lực hàng không, tùy theo điều kiện thực tế của hướng gió trên khu đo tiến hành thiết kế các tuyến bay theo hướng phù hợp nhất, tránh để máy bay bay cắt ngang hướng gió. Trong trường hợp bất đắc dĩ có thể thiết kế tuyến bay không lệch quá hướng Bắc - Nam đến $\pm 20^0$. Trong quá trình bay, tốc độ của máy bay không được vượt quá 200 km/h.

c) Để giảm ảnh hưởng của các sai số do sự biến thiên của số cải chính Eotvos cần phải điều khiển tàu thủy chạy hoặc máy bay bay chính xác dọc theo tuyến đo thẳng với độ lệch không được lớn hơn $\pm 2^0$.

Trong quá trình đo khi đổi hướng để chạy sang tuyến đo khác phải giảm tốc độ tàu hoặc máy bay nhằm tránh bị nghiêng lớn ảnh hưởng đến máy trọng lực. Độ nghiêng của tàu thủy hoặc máy bay không được vượt quá $\pm 15^0$.

d) Khoảng thời gian giữa các lần đo trên các điểm tựa được xác định phụ thuộc vào đại lượng phi tuyến của sự chuyển dịch điểm 0 được xác định bằng thực nghiệm. Sự chuyển dịch điểm 0 được tính đến theo các kết quả đo trên các điểm tựa vào các thời điểm trước và sau đợt đo. Đại lượng chuyển dịch điểm 0 được xác định bằng phương pháp nội suy tuyến tính giữa các điểm tựa.

đ) Trước khi lắp đặt máy trọng lực phải tiến hành đo nối trọng lực từ điểm tựa vào vị trí đặt máy trên tàu thủy hoặc máy bay theo sơ đồ A - B - A bằng phương pháp tương đối.

Đối với tàu thủy, trong thời gian đo nối phải đảm bảo điều kiện tàu được neo đậu chắc chắn vào cầu cảng và điều kiện thời tiết thuận lợi không gây ra sự rung lắc lớn cho tàu.

Sau khi kết thúc đợt đo phải tiến hành đo nối trọng lực từ điểm tựa vào vị trí đặt máy theo sơ đồ A - B - A bằng phương pháp tương đối nhằm mục đích tính số cải chính độ dịch chuyển điểm 0 của máy vào các kết quả đo trọng lực.

Đối với các trường hợp đo trọng lực biển và đo trọng lực hàng không, việc bố trí các điểm tựa được quy định tại khoản 8 Mục 3 của Quy định này.

e) Trước khi tiến hành đo, hệ thống máy trọng lực phải được kiểm nghiệm theo quy định tại khoản 5 Mục 5 của Quy định này.

g) Trước khi đo phải tiến hành hiệu chỉnh tất cả các thiết bị: sự cân bằng của bộ con quay; hiệu chỉnh hệ thống quang học hoặc hệ thống ghi số. Kiểm tra lần cuối sự hoạt động của các thiết bị được lắp đặt trên tàu thủy hoặc máy bay.

h) Việc hiệu chỉnh các kết quả đo trọng lực được thực hiện theo các quy định tại Mục 5 của Quy định này.

Việc xác định các tọa độ của điểm đo vào thời điểm máy trọng lực ghi số đo trọng lực được thực hiện bằng phương pháp nội suy Lagrange theo công thức:

$$X(t) = \sum_{J=0}^{n} X_j . L_J(t),$$

$$Y(t) = \sum_{J=0}^{n} Y_j . L_J(t),$$

$$Z(t) = \sum_{J=0}^{n} Z_j . L_J(t),$$

Trong đó, $X(t), Y(t), Z(t)$ là các tọa độ không gian của điểm đo vào thời điểm t khi máy trọng lực ghi số đo trọng lực trong hệ WGS-84; X_J, Y_J, Z_J là các tọa độ không gian thu được tại máy định vị DGPS vào thời điểm t_j trong hệ WGS-84; hàm cơ sở $L_J(t)$ được xác định theo công thức:

$$L_J(t) = \frac{(t - t_0).(t - t_1)...(t - t_{j-1}).(t - t_{J+1})...(t - t_n)}{(t_J - t_0).(t_J - t_1)...(t_j - t_{J-1}).(t_j - t_{J+1})...(t_j - t_n)}.$$

Các tọa độ không gian của điểm đo trong hệ WGS-84 phải được chuyển về hệ VN2000.

3.2. Đo trọng lực bằng máy trọng lực biển

a) Trong Thiết kế kỹ thuật - dự toán công trình đo trọng lực biển phải xác định khoảng cách giữa các tuyến đo để đảm bảo mật độ điểm chi tiết của các ô chuẩn kích thước 3' x 3'; số lần chuẩn máy trọng lực; số lần vào các cảng; số lần đo lặp và đo kiểm tra; độ lắc cho phép của tàu; độ chính xác và các khoảng thời gian ghi số đo trọng lực, xác định tọa độ, đo sâu; tốc độ và hướng chuyển động. Số lần chuẩn máy trọng lực ít nhất là 2 lần trước và sau mỗi đợt đo.

b) Các thiết bị phục vụ công tác đo trọng lực biển bao gồm hệ thống máy đo trọng lực biển, hệ thống kiểm soát, máy định vị GNSS, máy đo sâu, hệ thống máy tính, máy phát điện. Các thiết bị đo nêu trên phải được đồng bộ theo thời gian cùng với phần mềm đảm bảo việc xác định các số đo trọng lực, tọa độ, độ sâu, tốc độ và hướng chuyển động.

Việc xác định các số đo trọng lực, tọa độ, độ sâu, tốc độ và hướng chuyển động của tàu phải đồng bộ theo thời gian với sai số không lớn hơn 1 phút.

Vận tốc tàu chạy phù hợp nhất trung bình từ 8 km/h đến 10 km/h.

c) Để giảm ảnh hưởng của chuyển động của tàu đến kết quả đo trọng lực cần sử dụng tàu có độ mớn nước lớn hơn 2 m, có trọng tải tối thiểu 300 tấn, máy trọng lực được đặt trên tàu tại điểm với các giá trị gia tốc cực tiểu.

Vị trí đặt máy trọng lực phù hợp nhất là gần tâm trọng tải của tàu, ở vị trí nhạy cảm ít nhất đối với sự nghiêng của tàu. Không được đặt máy trọng lực gần động cơ của tàu. Hệ thống máy trọng lực, khung máy phải được cố định với sàn tàu.

d) Trước khi tiến hành đo, máy đo sâu được kiểm nghiệm theo Quyết định số 03/2007/QĐ-BTNMT ngày 12 tháng 02 năm 2007 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1/50.000.

đ) Anten của máy thu DGPS phải được bố trí ở vị trí bất kỳ trên boong tàu nhưng vị trí phải thoáng đãng, không có các vật cản che các vệ tinh và cách vị trí đặt máy đo trọng lực không quá 10 m.

Cần phát biến của máy đo sâu được gắn bên hông tàu theo phương thẳng đứng và vuông góc với trục của tàu từ vị trí đặt máy trọng lực.

Hệ thống máy tính định vị phải được đặt trên cabin tàu để phục vụ điều khiển tàu trên biển theo tuyến đã được thiết kế từ trước.

Tất cả các thiết bị được bố trí trên tàu phải được nối với bộ ghi UPS. Trong quá trình đo phải thường xuyên kiểm tra sự hoạt động của các thiết bị đảm bảo sự hoạt động bình thường, ổn định của các thiết bị liên tục cả ngày lẫn đêm trong toàn bộ đợt đo.

Trong quá trình đo không được tắt máy, phải đảm bảo máy phát điện làm việc ổn định trong toàn bộ đợt đo.

e) Trước khi đo phải xác định độ cao của sàn tàu lắp máy trọng lực so với mép nước biển. Độ cao của các điểm đo trọng lực trên biển bằng độ cao của mực nước biển trung bình cộng với độ cao của sàn tàu lắp máy trọng lực so với mép nước biển. Độ cao của các điểm đo được sử dụng để xác định dị thường trong không khí tự do của chúng.

Độ cao mực nước biển trung bình tại khu vực đo bằng giá trị mực nước thủy triều trong bảng thủy triều trừ đi giá trị ròng sát của khu vực đó.

g) Trong quá trình đo nếu gặp điều kiện thời tiết không thuận lợi, thì phải kịp thời về cảng để đảm bảo đo khép. Trong trường hợp không kịp về cảng thì bắt buộc phải tắt máy, chèn máy bằng các mút đệm giữa các khung và cố định máy để tránh va đập trong trường hợp có sóng lớn.

h) Các dữ liệu đo sâu địa hình đáy biển được xử lý theo Quyết định số 03/2007/QĐ-BTNMT ngày 12 tháng 02 năm 2007 của Bộ Tài nguyên và Môi trường về Quy định kỹ thuật thành lập bản đồ địa hình đáy biển tỷ lệ 1/50.000.

i) Để đánh giá chất lượng đo phải thực hiên đo kiểm tra theo 1 tuyến đo kiểm tra theo hướng vuông góc với các tuyến đo chính của khu đo. Chiều dài của tuyến đo kiểm tra không vượt quá 15% tổng chiều dài của tuyến đo chính.

3.3. Đo trọng lực bằng máy trọng lực hàng không

a) Trong Thiết kế kỹ thuật - dự toán công trình đo trọng lực hàng không phải xác định khoảng cách giữa các tuyến bay để đảm bảo mật độ điểm chi tiết của các ô chuẩn kích thước 3’ x 3’; số lần chuẩn máy trọng lực; số lần hạ cánh, cất cánh

của máy bay tại các sân bay; số lần đo lặp và đo kiểm tra; độ chính xác và các khoảng thời gian ghi số đo trọng lực, xác định tọa độ, đo cao của tuyến bay; tốc độ và hướng bay. Số lần chuẩn máy trọng lực ít nhất là 2 lần trước và sau mỗi đợt đo.

b) Các thiết bị phục vụ công tác đo trọng lực hàng không bao gồm hệ thống máy đo trọng lực; hệ thống dẫn đường quán tính IGI; 1 máy định vị GNSS; 1 hệ thống máy tính dẫn đường (Computer Controlled Navigation System); 1 máy thu tín hiệu vệ tinh GPS hai tần số cố định (base) trên mặt đất, 1 máy thu tín hiệu vệ tinh GPS hai tần số được đặt trên máy bay (Rover); 1 máy đo cao laser. Các thiết bị đo nêu trên phải được đồng bộ theo thời gian cùng với phần mềm đảm bảo việc xác định các số đo trọng lực, tọa độ, độ cao, tốc độ và hướng chuyển động.

Việc xác định các số đo trọng lực, tọa độ, độ cao tuyến bay, tốc độ và hướng bay của máy bay phải đồng bộ theo thời gian với sai số không lớn hơn 0,1 giây.

c) Để giảm ảnh hưởng của chuyển động của máy bay đến kết quả đo trọng lực cần bố trí máy trọng lực ở vị trí các giá trị gia tốc cực tiểu, ít ảnh hưởng bởi sự rung, lắc của máy bay. Vị trí tốt nhất là gần buồng lái của máy bay.

d) Đối với công tác đo trọng lực hàng không, độ cao bay được lựa chọn dựa trên độ cao địa hình của khu vực bay và khoảng đo cho phép của máy đo trọng lực hàng không.

đ) Để đánh giá chất lượng đo phải thực hiện đo kiểm tra theo 1 tuyến bay kiểm tra với hướng bay vuông góc với các tuyến bay chính của khu đo. Chiều dài của tuyến đo kiểm tra không vượt quá 15% tổng chiều dài của tuyến đo chính.

Mục 5
QUY ĐỊNH KIỂM TRA VÀ KIỂM NGHIỆM CÁC LOẠI MÁY TRỌNG LỰC

1. Trước khi triển khai công tác đo ngoại nghiệp phải tiến hành xem xét, kiểm tra toàn diện thiết bị đo trọng lực cùng toàn bộ các thiết bị phụ trợ theo lý lịch của máy.

2. Các nội dung kiểm tra và kiểm nghiệm dòng máy trọng lực GAG bao gồm (hoặc các loại máy GAG có độ chính xác tương đương):

2.1. Kiểm tra và điều chỉnh các ốc cân bằng của máy;

2.2. Kiểm tra sự quay trơn của bộ phận chuyển động của máy quanh trục ngang;

2.3. Kiểm tra sự quay trơn của các ốc bộ vi đọc số;

2.4. Kiểm tra sự quay trơn của vành đo của bộ vi đọc số quang học;

2.5. Kiểm tra bộ vi đọc số quang học;

2.6. Kiểm tra và hiệu chỉnh vị trí của thang chia trong trường nhìn của kính vật;

2.7. Kiểm tra các đèn chiếu sáng của máy trọng lực, thiết bị đo góc và bộ điều nhiệt;

2.8. Kiểm tra và hiệu chỉnh các điều kiện hình học của máy;

2.9. Kiểm tra bộ điều nhiệt;

2.10. Xác định hệ số áp suất của máy;

2.11. Xác định khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường cho phép của máy;

2.12. Thiết lập khoảng đo.

Quy trình kiểm tra, kiểm nghiệm máy trọng lực GAG theo các nội dung trên được trình bày tại Phụ lục 4 ban hành kèm theo Quy định này.

3. Các nội dung kiểm tra và kiểm nghiệm các máy trọng lực Z400, GNU-KV bao gồm:

3.1. Kiểm tra tổng thể máy;

3.2. Kiểm tra và điều chỉnh hoạt động của các ốc cân bằng máy;

3.3. Kiểm tra sự quay trơn của ốc đọc số;

3.4. Kiểm tra và điều chỉnh đèn chiếu sáng;

3.5. Kiểm tra và điều chỉnh vị trí của thang chia vạch trong trường nhìn ống kính;

3.6. Kiểm tra và điều chỉnh các bọt nước của máy;

3.7. Xác định và điều chỉnh độ nhạy của hệ thống đàn hồi;

3.8. Xác định thời gian ổn định số đọc của máy trọng lực;

3.9. Xác định độ dịch chuyển điểm 0;

3.10. Xác định giá trị vạch chia ốc đọc số (hằng số C) của máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng trên thiết bị chuẩn UEGP-1;

3.11. Xác định giá trị vạch chia của ốc đọc số (hằng số C) của máy trọng lực trên đường đáy;

3.12. Xác định giới hạn đo khi không điều chỉnh khoảng đo;

3.13. Xác định sai số trung phương một lần đo hiệu gia tốc lực trọng trường;

3.14. Xác định hệ số áp suất.

Quy trình kiểm tra, kiểm nghiệm máy trọng lực GNU-KV và Z400 theo các nội dung trên được trình bày tại Phụ lục 5 ban hành kèm theo Quy định này.

4. Các nội dung kiểm tra và kiểm nghiệm các máy đo trọng lực mặt đất ZLS bao gồm:

4.1. Căn chỉnh máy trọng lực với các công việc:

a) Điều chỉnh các điểm dừng của con lắc;

b) Điều chỉnh hệ thống cân bằng dọc và ngang;

c) Điều chỉnh tăng hệ thống cân bằng;

d) Xác định hệ số tăng của con lắc;

đ) Xác định hệ số tăng của hệ thống hồi tiếp;

e) Xác định hàm điều chỉnh cân bằng.

4.2. Kiểm nghiệm máy trọng lực bao gồm:

a) Theo dõi dịch chuyển điểm 0 của máy ở trạng thái tĩnh;

b) Theo dõi dịch chuyển điểm 0 của máy ở trạng thái động;

c) Chuẩn máy trên đường đáy quốc gia.

Quy trình kiểm tra, kiểm nghiệm máy trọng lực ZLS theo các nội dung trên được trình bày tại Phụ lục 6 ban hành kèm theo Quy định này.

5. Các nội dung kiểm tra và kiểm nghiệm các máy trọng lực biển và trọng lực hàng không bao gồm:

5.1. Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh zero beam;

5.2. Kiểm tra hằng số K;

5.3. Kiểm tra giá trị độ căng của lò xo;

5.4. Kiểm tra sự cân bằng của bọt nước trong ống thủy của platform;

5.5. Kiểm tra hệ số mGal/CU của máy.

Quy trình kiểm tra, kiểm nghiệm máy đo trọng lực biển và máy trọng lực hàng không theo các nội dung trên được trình bày tại Phụ lục 7 ban hành kèm theo Quy định này.

Mục 6
QUY TRÌNH TÍNH TOÁN CÁC KẾT QUẢ ĐO TRỌNG LỰC

1. Tính hiệu chỉnh các số đọc theo một máy trọng lực trên điểm đo

Việc tính toán kết quả đo trọng lực theo một máy trọng lực được thực hiện theo các bước sau:

1.1. Chuyển các số đọc theo máy trọng lực về đơn vị mGal

Đối với máy trọng lực GAG-2, góc mở 2ν là giá trị đo bởi máy GAG-2. Số đọc g' được tính theo công thức:

$$g' = g_0.(Sec\nu - 1),$$

Trong đó, g_0 là giá trị trọng lực khi góc ν = 0 và là hằng số đối với từng máy GAG-2.

1.2. Đối với máy trọng lực tĩnh (GNU-KV, ZLS, Z400, SODIN, LACOSTE - ROMBERG, SCINTREX), số đọc theo máy trọng lực có đơn vị mGal được tính theo công thức sau:

$$g' = C.r + \alpha.(t_t - t_K) + \delta r,$$

Trong đó, C là giá trị một vạch chia của thang đo bộ vi đọc số (hằng số máy), r là số đọc trung bình theo bộ vi đọc số, α là hệ số nhiệt độ của giá trị một vạch chia thang đo của bộ vi đọc số

$$\alpha = \frac{C_2 - C_1}{t_2 - t_1},$$

Trong đó, C_1, C_2 là các giá trị một vạch chia thang đo của bộ vi đọc số dưới các nhiệt độ t_1, t_2 của máy đo trọng lực; t_t là nhiệt độ trong thời gian đo trên điểm, t_K là nhiệt độ của máy đo trọng lực khi xác định giá trị một vạch chia thang đo của bộ vi đọc số; δr là số cải chính do sự dịch chuyển điểm 0 của thang đo của bộ vi đọc số.

1.3. Đối với các máy trọng lực biển và trọng lực hàng không của Mỹ, số đọc trọng lực được xác định theo công thức:

$$g' = S + K.B' + CC,$$

Trong đó, g' là số đọc trọng lực; S là độ căng của lò xo (Spring Tension); K là hệ số độ nhạy trung bình và giảm xóc của beam (BEAM SCAL FACTOR); B' là tốc độ của lò so (Beam Velocity); CC là số hiệu chỉnh kết hợp các gia tốc ngang (Cross Coupling Correction).

2. Đối với lưới điểm tựa, cạnh AB được đo theo sơ đồ A - B - A và số gia gia tốc lực trọng trường giữa hai điểm đo A và B được xác định theo công thức:

$$\Delta g_{A,B} = g'_B - g'_{A_1} + \delta r_{A,B},$$

Trong đó, g'_B, g'_{A_1} là các số đọc theo máy đo trọng lực tại điểm B và điểm A vào các thời điểm t_B và t_{A_1} ($t_B > t_{A_1}$); $\delta r_{A,B}$ là số cải chính do sự xê dịch điểm 0

của máy trọng lực vào thời điểm t_B đo trọng lực tại điểm B được xác định theo công thức:

$$\delta r_{A,B} = -\frac{g'_{A_2} - g'_{A_1}}{t_{A_2} - t_{A_1}}.(t_B - t_{A_1}),$$

Trong đó, g'_{A_2} là số đọc theo máy trọng lực ở điểm A vào các thời điểm t_{A_2} ($t_{A_2} > t_B$).

3. Đối với tuyến đo chi tiết A, 1, 2,..., n, B được xây dựng bằng một máy trọng lực tĩnh dựa trên hai điểm khởi tính A và B với các giá trị trọng lực g_A và g_B.

Số gia các giá trị trọng lực giữa điểm đo i (i = 1, 2,..., n) trên tuyến đo và điểm khởi tính A được xác định theo công thức:

$$\Delta g_{A,i} = g'_i - g'_A + \delta r_{A,i}, \qquad (3)$$

Trong đó, g'_i, g'_A là các số đọc theo máy đo trọng lực tại điểm i và điểm A; $\delta r_{A,i}$ là số cải chính do sự xê dịch điểm 0 của máy trọng lực vào thời điểm t đo trọng lực tại điểm i được xác định theo công thức:

$$\delta r_{A,i} = -\frac{g'_B - g'_A - (g_B - g_A)}{t_B - t_A}.(t - t_A),$$

Trong đó, g'_A, g'_B là các số đọc theo máy trọng lực ở điểm A và ở điểm B vào các thời điểm t_A và t_B.

Số gia các giá trị trọng lực giữa điểm đo i và điểm đo j (i, j = 1, 2,..., n, $i \neq j$) trên tuyến đo được xác định theo công thức:

$$\Delta g_{ij} = g'_j - g'_i + \delta r_{i,j}, \qquad (4)$$

Trong đó, g'_i, g'_j là các số đọc theo máy đo trọng lực tại điểm i vào thời điểm t_1 và tại điểm j vào thời điểm t_2 ($t_2 > t_1$); $\delta r_{i,j}$ là số cải chính do sự xê dịch điểm 0 của máy trọng lực trong khoảng thời gian $t_2 - t_1$ được xác định theo công thức:

$$\delta r_{i,j} = -\frac{g'_B - g'_A - (g_B - g_A)}{t_B - t_A}.(t_2 - t_1)$$

4. Đối với lưới đo chi tiết dạng đa giác khép kín A, 1, 2,..., n, A với điểm khởi đo A được xây dựng bằng một máy trọng lực tĩnh, số gia các giá trị trọng lực giữa

điểm đo i (i = 1, 2,..., n) trên đa giác khép kín và điểm khởi đo A được xác định theo công thức (3), trong đó $\delta r_{A,i}$ là số cải chính do sự xê dịch điểm 0 của máy trọng lực vào thời điểm t đo trọng lực tại điểm i được xác định theo công thức:

$$\delta r_{A,i} = -\frac{\tilde{g}'_{A_2} - \tilde{g}'_{A_1}}{t_{A_2} - t_{A_1}}.(t - t_{A_1}),$$

Trong đó, $\tilde{g}'_{A_1}, \tilde{g}'_{A_2}$ là các số đọc theo máy trọng lực ở điểm A vào các thời điểm t_{A_1} và t_{A_2}.

Số gia các giá trị trọng lực giữa điểm đo i và điểm đo j (i, j = 1, 2,..., n, $i \neq j$) trên đa giác khép kín được xác định theo công thức (4), trong đó: $\delta r_{i,j}$ là số cải chính do sự xê dịch điểm 0 của máy trọng lực trong khoảng thời gian t_2 - t_1 được xác định theo công thức:

$$\delta r_{i,j} = -\frac{\tilde{g}'_{A_2} - \tilde{g}'_{A_1}}{t_{A_2} - t_{A_1}}.(t_2 - t_1),$$

5. Trong trường hợp đo trọng lực biển hoặc trọng lực hàng không, các số đo trọng lực tại các điểm đo phải được hiệu chỉnh bởi số cải chính do ảnh hưởng của sự thay đổi lực ly tâm của Quả đất đến vận tốc và hướng chuyển động của tàu thủy hoặc máy bay (số cải chính Eotvos).

Đối với trường hợp đo trên tàu thủy, số cải chính Eotvos được xác định theo công thức sau:

a) Khi tốc độ tàu V có đơn vị km/h:

$$\delta g_E = 4{,}049.V.\mathrm{Sin}\alpha.\mathrm{Cos}B + 0{,}0012.V^2$$

Trong đó, α là phương vị của hướng tàu chạy, B - vĩ độ trắc địa của điểm đo;

b) Khi tốc độ tàu V có đơn vị Dặm/h:

$$\delta g_E = 7{,}503.V.\mathrm{Sin}\alpha.\mathrm{Cos}B + 0{,}004154.V^2.$$

Số cải chính Eotvos có đơn vị mGal.

Đối với trường hợp đo trên máy bay, số cải chính Eotvos được xác định theo công thức sau:

$$\delta g_E = \frac{V^2}{R}.(1 - \frac{h}{R} - \varepsilon.(1 - \mathrm{Cos}^2 B.(3 - 2.\mathrm{Sin}^2\alpha))) + 2.V.\varpi_e.\mathrm{CosB.Sin}\alpha$$

Trong đó, V là tốc độ máy bay, R là bán kính Quả đất, ω_e là tốc độ góc của Quả đất, h là độ cao của máy bay so với mặt địa hình hoặc mặt biển, B là vĩ độ trắc địa của điểm đo, α là phương vị của hướng bay và đại lượng ε được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon = \frac{V^2}{R}\mathrm{Sin}^2\mathrm{B} + 4.\mathrm{V}.\varpi_e.\mathrm{CosB}.\mathrm{Sin}^2\mathrm{B}.\mathrm{Sin}\alpha.$$

Các phần mềm điều khiển hệ thống đo trọng lực biển hoặc hệ thống đo trọng lực hàng không sẽ tự động tính toán số cải chính Eotvos, các giá trị trọng lực của các điểm đo và sai số trung phương của chúng.

6. Đối với lưới điểm trọng lực ở dạng tuyến đo gồm S cạnh giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi tính gồm S cạnh được đo m lần bằng một số máy trọng lực không cùng độ chính xác theo phương pháp đo tương đối, độ chính xác $m_{\Delta g}$ của các máy trọng lực được xác định trong quá trình kiểm nghiệm máy, để xác định trọng số của các trị đo trên từng cạnh, sai số trung phương đơn vị trọng số μ_0 được chọn bằng sai số trung phương số gia các giá trị trọng lực được quy định cho tỷ lệ bản đồ dị thường Bughe đang đo vẽ. Khi đó trọng số của các số gia các giá trị trọng lực đo được trên cạnh j được xác định theo công thức $P_j = \frac{\mu_0^2}{m_{\Delta g_j}^2}$, j = 1, 2,..., S.

Sai số trung phương đơn vị trọng số trên toàn mạng lưới được xác định theo công thức:

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{S} P_j\left(\sum_{i=1}^{m}\sigma_i^2\right)_j}{S.(m-1)}}$$

Trong đó, σ_i là độ lệch của giá trị đo Δ_g ở lần đo thứ i trên cạnh j (j = 1, 2,..., S) của mạng lưới so với giá trị trung bình trên cạnh đó.

Giá trị trung bình $\Delta\overline{g}_j$ của số gia các giá trị trọng lực trên cạnh j (j = 1, 2,..., S) của mạng lưới được xác định theo công thức:

$$\Delta\overline{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m}\Delta g_{i,j}}{m}$$

Sai số trung phương của giá trị trung bình $\Delta\overline{g}_j$ của cạnh j trong mạng lưới được đánh giá theo công thức:

$$m_{\Delta\bar{g}j} = \frac{\mu}{\sqrt{m.P_j}}$$

Đánh giá chất lượng đo trong mạng lưới được thực hiện theo sai số khép W của mạng lưới, trong đó sai số khép được xác định theo các giá trị trung bình của các số gia các giá trị trọng lực trên tất cả các cạnh của mạng lưới. Sai số khép cho phép W_{CP} được xác định theo công thức:

$$W_{CP} = \pm\frac{2.\mu}{\sqrt{m}}.\sqrt{\sum_{j=1}^{S}\frac{1}{p_j}}$$

Các giá trị bình sai của các giá trị trọng lực của các điểm và sai số trung phương của chúng được xác định từ kết quả bình sai chặt chẽ mạng lưới điểm trọng lực theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

7. Đối với lưới điểm trọng lực ở dạng tuyến đo gồm S cạnh giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi tính gồm S cạnh được đo 2 lần bằng hai máy trọng lực không cùng độ chính xác theo phương pháp đo tương đối, độ chính xác $m_{\Delta g}$ của các máy trọng lực được xác định trong quá trình kiểm nghiệm máy, để xác định trọng số của các trị đo trên từng cạnh, sai số trung phương đơn vị trọng số μ_0 được chọn bằng sai số trung phương số gia các giá trị trọng lực được quy định cho tỷ lệ bản đồ dị thường Bughe đang đo vẽ. Khi đó trọng số của các số gia các giá trị trọng lực đo được trên cạnh j được xác định theo công thức $P_j = \frac{\mu_0^2}{m^2_{\Delta g_j}}$, j = 1,2,...,S

Sai số trung phương đơn vị trọng số trên toàn mạng lưới được xác định theo công thức:

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{S} P_j.d_j^2}{2.S}},$$

Trong đó, $d_j = (\Delta g_1)_j - (\Delta g_2)_j$, còn $(\Delta g_1)_j, (\Delta g_2)_j$ là các giá trị đo của các số gia các giá trị trọng lực trên cạnh j (j = 1, 2,..., S).

Giá trị trung bình $\Delta\bar{g}_j$ của số gia các giá trị trọng lực trên cạnh j (j = 1, 2,..., S) của mạng lưới được xác định theo công thức:

$$\Delta\bar{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^{2} \Delta g_{i,j}}{2}$$

Sai số trung phương của giá trị trung bình $\Delta\bar{g}_j$ của cạnh j trong mạng lưới được đánh giá theo công thức:

$$m_{\Delta\bar{g}j} = \frac{\mu}{\sqrt{2.P_j}}.$$

Đánh giá chất lượng đo trong mạng lưới được thực hiện theo sai số khép W của mạng lưới, ở đây sai số khép được xác định theo các giá trị trung bình của các số gia các giá trị trọng lực trên tất cả các cạnh của mạng lưới. Sai số khép cho phép W_{CP} được xác định theo công thức:

$$W_{CP} = \pm\sqrt{2}.\mu.\sqrt{\sum_{j=1}^{S}\frac{1}{p_j}}.$$

Các giá trị bình sai của giá trị trọng lực của các điểm và sai số trung phương của chúng được xác định từ kết quả bình sai chặt chẽ mạng lưới điểm trọng lực theo phương pháp bình phương nhỏ nhất.

8. Đối với lưới điểm trọng lực ở dạng tuyến đo gồm S cạnh giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi đo gồm S cạnh được đo m lần với cùng một máy trọng lực hoặc với một số máy trọng lực cùng độ chính xác, sai số trung phương của một trị đo trong lưới được xác định theo công thức:

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{S}\left(\sum_{i=1}^{m}\sigma_i^2\right)_j}{S.(m-1)}},.$$

Trong đó, σ_i là độ lệch của giá trị đo Δ_g ở lần đo thứ i trên cạnh j (j = 1,2,...,S) của mạng lưới so với giá trị trung bình trên cạnh đó.

Giá trị trung bình $\Delta\bar{g}_j$ của số gia các giá trị trọng lực trên một cạnh j (j = 1, 2,..., S) của lưới được xác định theo công thức:

$$\Delta\bar{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^{m}\Delta g_{i,j}}{m}.$$

Sai số trung phương của giá trị trung bình $\Delta\bar{g}$ của tất cả các cạnh trong mạng lưới được đánh giá theo công thức:

$$m_{\Delta\bar{g}} = \frac{\mu}{\sqrt{m}}.$$

Việc kiểm tra chất lượng đo trong lưới điểm trọng lực được thực hiện nhờ xác định sai số khép W theo các giá trị trung bình của số gia các giá trị trọng lực của

tất cả các cạnh trong mạng lưới. Sai số khép cho phép W_{CP} của lưới được xác định theo công thức:

$$W_{CP} = \pm 2.\mu.\sqrt{\frac{S}{m}}.$$

Việc đánh giá độ chính xác lưới đo trọng lực được thực hiện theo mẫu quy định tại Phụ lục 17 ban hành kèm theo Quy định này.

Các giá trị trung bình của số gia các giá trị trọng lực trong mạng lưới là các trị đo cùng độ chính xác và được đưa vào bình sai lưới theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Quy trình bình sai được trình bày tại khoản 10 mục 6 của Quy định này.

9. Đối với lưới điểm trọng lực ở dạng tuyến đo gồm S cạnh giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi đo gồm S cạnh được đo 2 lần bằng một máy trọng lực hoặc được đo 1 lần đồng thời bằng hai máy trọng lực cùng độ chính xác, sai số trung phương của một trị đo trong lưới được xác định theo công thức:

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{S} d_j^2}{2.S}},$$

Trong đó, $d_j = (\Delta g_1)_j - (\Delta g_2)_j$, còn $(\Delta g_1)_j, (\Delta g_2)_j$ là các giá trị đo của các số gia các giá trị trọng lực trên cạnh j (j = 1, 2,..., S).

Giá trị trung bình $\Delta\overline{g}_j$ của số gia các giá trị trọng lực trên một cạnh j (j = 1, 2,..., S) của lưới được xác định theo công thức:

$$\Delta\overline{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^{2} \Delta g_{i,j}}{2}.$$

Sai số trung phương của giá trị trung bình $\Delta\overline{g}$ của tất cả các cạnh trong mạng lưới được đánh giá theo công thức:

$$m_{\Delta\overline{g}} = \frac{\mu}{\sqrt{2}}.$$

Việc kiểm tra chất lượng đo trong lưới điểm trọng lực được thực hiện nhờ xác định sai số khép W theo các giá trị trung bình của số gia các giá trị trọng lực của tất cả các cạnh trong mạng lưới. Sai số khép cho phép W_{CP} của mạng lưới được xác định theo công thức:

$$W_{CP} = \pm\sqrt{2}.\mu\sqrt{S}.$$

Các giá trị trung bình của số gia các giá trị trọng lực trong mạng lưới là các trị đo cùng độ chính xác và được đưa vào bình sai lưới theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Quy trình bình sai được trình bày tại khoản 10 Mục 6 của Quy định này.

10. Đối với lưới điểm trọng lực dạng tuyến đo giữa hai điểm khởi tính hoặc ở dạng đa giác khép kín với một điểm khởi tính có S cạnh, n điểm cần xác định và được đo bằng một máy trọng lực hoặc bằng một số máy trọng lực cùng độ chính xác, việc bình sai lưới chặt chẽ theo phương pháp bình phương nhỏ nhất được thực hiện theo các trình tự sau:

a) Giá trị bình sai $\Delta\tilde{g}_j$ của số gia các giá trị trọng lực trên một cạnh j (j = 1, 2,..., S) của lưới được xác định theo công thức:

$$\Delta\tilde{g}_j = \Delta\overline{g}_j + V_j,$$

Trong đó, số cải chính V_j được xác định theo công thức:

$$V_j = -\frac{W}{S},$$

W là sai số khép của lưới.

Việc xác định giá trị trọng lực sau bình sai của mỗi điểm cần xác định trong lưới được thực hiện bằng cách tính chuyển theo các giá trị bình sai của các số gia các giá trị trọng lực từ điểm khởi tính đến điểm cần xác định.

b) Sai số trung phương đơn vị trọng số sau bình sai được xác định theo công thức:

$$\tilde{\mu} = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{S} V_j^2}{S-1}} \quad . (5)$$

c) Sai số trung phương của giá trị trọng lực sau bình sai của điểm i (i = 1, 2,..., n) được xác định theo công thức:

$$m_{\tilde{g}_i} = \tilde{\mu}.\sqrt{\frac{i.(n-i+1)}{n+1}},.$$

Đại lượng $\tilde{\mu}$ được xác định theo công thức (5).

Việc tính toán bình sai lưới trọng lực được thực hiện theo các mẫu quy định tại Phụ lục 18a và Phụ lục 18b ban hành kèm theo Quy định này.

Mục 7
QUY ĐỊNH KIỂM TRA NGHIỆM THU VÀ SẢN PHẨM GIAO NỘP

1. Các đơn vị trực tiếp thi công các công trình về trọng lực phải tự kiểm tra, nghiệm thu chất lượng sản phẩm tất cả các hạng mục công trình do mình thi công.

2. Chủ đầu tư căn cứ vào hạng mục công việc của công trình, sản phẩm đo trọng lực tiến hành kiểm tra, thẩm định chất lượng, khối lượng, tiến độ thi công theo quy định của Bộ Tài nguyên và Môi trường.

3. Danh mục các sản phẩm giao nộp đối với công trình đo trọng lực chi tiết bao gồm:

3.1. Bản ghi chú các điểm tựa.

3.2. Biên bản bàn giao mốc điểm tựa trọng lực.

3.3. Sổ kiểm nghiệm các máy trọng lực.

3.4. Bản đồ thực tế thi công đo trọng lực chi tiết.

3.5. Nhật ký đo trọng lực tựa và chi tiết.

3.6. Sổ đo các điểm tựa và các điểm chi tiết. Riêng trường hợp đo bằng các máy trọng lực đo tự động trên đất liền và trên biển phải nộp thêm các file số liệu đo trọng lực, các file thu tín hiệu vệ tinh GPS, các file dữ liệu đo sâu địa hình đáy biển (nếu có) hoặc các file đo độ cao tuyến bay (nếu có).

3.7. Sổ đo GPS, sổ đo đường chuyền (nếu có) trong trường hợp xác định tọa độ của các điểm tựa và các điểm chi tiết trên mặt đất và dưới mặt đất.

3.8. Sổ đo thủy chuẩn hạng III, IV trong trường hợp xác định độ cao chuẩn của các điểm tựa.

3.9. Sổ đo thủy chuẩn kỹ thuật trong trường hợp xác định độ cao chuẩn của các điểm chi tiết (nếu có).

3.10. Kết quả đo sâu địa hình đáy biển trong trường hợp đo trọng lực biển bằng tàu thủy.

3.11. Kết quả tính toán bình sai thủy chuẩn hạng III, IV đối với mạng lưới điểm tựa.

3.12. Bảng kết quả tính hiệu chỉnh các kết quả đo đối với lưới điểm tựa và lưới điểm chi tiết.

3.13. Kết quả tính toán bình sai các mạng lưới điểm tựa.

3.14. Kết quả tính toán bình sai mạng lưới điểm chi tiết.

3.15. Bảng thống kê tọa độ, độ cao chuẩn và giá trị trọng lực của các điểm tựa và các điểm chi tiết.

3.16. Bản đồ dị thường (nếu có) theo quy định của Thiết kế kỹ thuật - Dự toán đã được phê duyệt.

3.17. Hồ sơ nghiệm thu công trình./.

KT. BỘ TRƯỞNG
THỨ TRƯỞNG

Nguyễn Văn Đức

Phụ lục

QUY ĐỊNH VỀ ĐO TRỌNG LỰC CHI TIẾT

(Ban hành kèm theo Thông tư số 08/2012/TT-BTNMT ngày 08 tháng 8 năm 2012 của Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường quy định về đo trọng lực chi tiết)

1. Phụ lục 1: Một số loại máy đo trọng lực mặt đất, Các loại máy trọng lực mặt đất hiện có ở Việt Nam;

2. Phục lục 2: Máy đo trọng lực hàng không TAGS Air III "TAGS Air III Gravity Meter" (Turnkey Airborne Gravity System);

3. Phụ lục 3. Máy đo trọng lực ZLS Dynamic Meter;

4. Phụ lục 4. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm máy trọng lực GAG-2;

5. Phụ lục 5. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm các máy trọng lực Z400 và GNU-KV;

6. Phụ lục 6. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm máy đo trọng lực mặt đất ZLS;

7. Phụ lục 7. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm các máy đo trọng lực biển và trọng lực hàng không;

8. Phụ lục 8. Sơ đồ cấu trúc mốc điểm tựa;

9. Phụ lục 9. Sơ đồ dấu mốc điểm tựa trọng lực;

10. Phụ lục 10. Quy định ký hiệu các vùng;

11. Phụ lục 11. Bảng ghi chú điểm tựa trọng lực;

12. Phụ lục 12. Biên bản giao nhận mốc tựa trọng lực;

13. Phụ lục 13. Sổ đo điểm tựa trọng lực;

14. Phụ lục 14. Sổ đo điểm trọng lực chi tiết;

15. Phụ lục 15. Tính toán các số gia gia tốc lực trọng trường giữa các điểm tựa trọng lực;

16. Phụ lục 16. Tính toán các số gia gia tốc lực trọng trường giữa các điểm chi tiết;

17. Phụ lục 17. Đánh giá độ chính xác lưới đo trọng lực;

18. Phụ lục 18a. Kết quả bình sai lưới đo trọng lực;

19. Phụ lục 18b. Các gia tốc lực trọng trường sau bình sai của các điểm trong lưới trọng lực.

Phụ lục 1
MỘT SỐ LOẠI MÁY ĐO TRỌNG LỰC MẶT ĐẤT

STT	Tên máy	Nước sản xuất	Độ chính xác (mGal)	Năm sản xuất
Nhóm máy trọng lực có độ chính xác rất cao (cao hơn 0,010 mGal)				
1	CG-3	Canada	± 0,005	
2	CG-3M	Canada	± 0,001	
3	GS-15	CHLB Đức	± 0,001	
4	L&R-D	Hoa Kỳ	± 0,001	
5	ZLS	Hoa Kỳ	± 0,001	
Nhóm máy trọng lực có độ chính xác cao (trong khoảng 0,01 - 0,10 mGal)				
1	CG-3	Canada	± 0,01	
2	GS-11,12	CHLB Đức	± 0,01	
3	L&R	Hoa Kỳ	± 0,01 ữ ± 0,03	1956
4	L&R-G	Hoa Kỳ	± 0,01	1959
5	ZLS	Hoa Kỳ	± 0,02	
6	ZSM-4	Trung Quốc	± 0,02	
7	ZSM-5	Trung Quốc	± 0,03	
8	Z400	Trung Quốc	± 0,03	
9	GAG-2	Liên bang Nga	± 0,01	
10	GAK-3M, 4M	Liên bang Nga	± 0,05 ÷ ± 0,10	1953
11	GAK-PT	Liên bang Nga	± 0,05 ÷ ± 0,10	1960
12	KVG-1M	Liên bang Nga	± 0,02 ÷ ± 0,08	1961
13	GAK-7T	Liên bang Nga	± 0,03 ÷ ± 0,06	1963
14	GAK-7S	Liên bang Nga	± 0,03 ÷ ± 0,06	1963
15	GAK-7H	Liên bang Nga	± 0,04 ÷ ± 0,05	1963
16	Delta	Liên bang Nga	± 0,06	1971
17	GR-K1	Liên bang Nga	± 0,03	1972
Nhóm máy trọng lực có độ chính xác trung bình (thấp hơn 0,10 mGal)				
1	GAK-3M	Liên bang Nga	± 0,15 ữ ± 0,2	1953
2	GAK-4M	Liên bang Nga	± 0,15 ữ ± 0,2	1958
3	GAK-PT	Liên bang Nga	± 0,15 ữ ± 0,2	1960

CÁC LOẠI MÁY TRỌNG LỰC MẶT ĐẤT HIỆN CÓ Ở VIỆT NAM

STT	Tên máy	Nước sản xuất	Độ chính xác (mGal)	Ghi chú
Nhóm máy trọng lực có độ chính xác cao (trong khoảng 0,01 - 0,10 mgal)				
1	GNU-KV	Liên bang Nga	± 0,03	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ Liên đoàn Vật lý Địa chất
2	Z400	Trung Quốc	± 0,03	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ Liên đoàn Vật lý Địa chất
3	ZLS	Hoa Kỳ	± 0,02	Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ Liên đoàn Vật lý Địa chất
4	CG-3	Canada	± 0,01	Viện Vật lý Địa cầu
5	GAK-7T	Liên bang Nga	± 0,03	Liên đoàn Vật lý Địa chất
6	GAK-PT	Liên bang Nga	± 0,05	Liên đoàn Vật lý Địa chất
7	GR-K2	Liên bang Nga	± 0,03	Liên đoàn Vật lý Địa chất
8	GNU-K2	Liên bang Nga	± 0,03	Liên đoàn Vật lý Địa chất

Phụ lục 2

MÁY ĐO TRỌNG LỰC HÀNG KHÔNG TAGS Air III

"TAGS Air III Gravity Meter" (Turnkey Airborne Gravity System)

Máy đo trọng lực TAGS Air III là bản nâng cấp từ Air-Sea System của hãng LaCoste, được thiết kế đặc biệt cho hoạt động trên không. Hệ thống kết hợp chặt chẽ giữa thiết bị kiểm tra thời gian, độ trễ, dịch chuyển điểm 0, nền cân bằng con quay hồi chuyển. TAGS AIR III là máy đo trọng lực có độ tin cậy và độ chính xác cao. Các dữ liệu thô ở dạng số thu được từ các tuyến bay có thể được xử lý ngay lập tức để xác định dị thường trọng lực Bughe. Dữ liệu qua xử lý có thể được xuất ra thành các gói bản đồ như: Geosoft Oasis Montaj™ hay Generic Mapping Tools cho từng nhiệm vụ cụ thể như đo thủy chuẩn, lưới hay bản đồ.

Các tham số kỹ thuật

Bộ phận	Biến số	Đặc điểm
Cảm biến	Khoảng đo Dịch chuyển điểm 0	20.000 mGals 3 mGals/ tháng hoặc ít hơn
Nền ổn định	Nền nghiêng Nền lăn	± 22 độ ± 25 độ
Hệ thống điều khiển	Tần số ghi Số hiệu đầu ra Gia tăng I/O	1Hz RS-232 Nhiệt độ điện Nhiệt độ cảm biến Áp lực cảm biến
Hệ thống đo	Độ phân giải Khả năng lặp lại tĩnh Độ chính xác 50.000 mGals gia tốc phương nằm ngang 100.000 mGals gia tốc phương nằm ngang 100.000 mGals gia tốc phương thẳng đứng	0,01 mGals 0,05 mGals 1,0 mGals hoặc cao hơn 0,25 mGals 0,50 mGals 0,25 mGals
Các thông tin khác	Nhiệt độ vận hành Điện Kích thước Trọng lượng	5^0C - 50^0C Trung bình 240 watt 80-265 VAC, 47-63 Hz 71 x 56 x 84 (cm) 140 kg

Phụ lục 3
Máy đo trọng lực ZLS Dynamic Meter

Máy đo trong lực ZLS Dynamic Meter của Hãng ZLS (Mỹ) được thiết kế để đo trọng lực biển bằng tàu thủy hoặc đo trọng lực bằng máy bay. Hệ thống kết hợp chặt chẽ giữa thiết bị kiểm tra thời gian, độ trễ, dịch chuyển điểm 0, nền cân bằng con quay hồi chuyển.

Các tham số kỹ thuật

Bộ phận	Biến số	Đặc điểm
Cảm biến	Khoảng đo trên biển bằng tàu thủy	7.000 mGals
	Khoảng đo bằng máy bay	10.000 mGals
	Dịch chuyển điểm 0	3 mGals/ tháng hoặc ít hơn
Nền ổn định	Nền nghiêng	± 25 độ
	Nền lăn	± 25 độ
Hệ thống đo	Độ phân giải	0,01 mGals
	Khả năng lặp lại tĩnh	0,2 mGals
	Độ chính xác	1,0 mGals hoặc cao hơn
Các thông tin khác	Nhiệt độ vận hành	-15^0C ÷ $+50^0$C
	Điện	87-270 VAC, 47-63 Hz
	Kích thước của modul kiểm tra hệ thống	48 x 14 x 9 (cm)
	Kích thước của modul hỗ trợ năng lượng	53 x 46 x 18 (cm)
	Trọng lượng hệ thống	83,9 kg

Phụ lục 4
QUY TRÌNH KIỂM TRA VÀ KIỂM NGHIỆM MÁY TRỌNG LỰC GAG-2

Việc kiểm tra, kiểm nghiệm máy đo trọng lực GAG-2 được thực hiện theo các nội dung được trình bày ở dưới đây

1. Kiểm tra và điều chỉnh các ốc cân bằng của máy

Các ốc cân bằng của máy trọng lực cần phải quay một cách nhẹ nhàng và trơn tru. Sau khi thả lỏng các chốt hãm của các ốc cân bằng tiến hành quay máy đi 180^0. Khi phát hiện sự quay không trơn tru cần tiến hành rửa các ốc cân bằng bằng xăng và bôi mỡ cho chúng.

2. Kiểm tra sự quay trơn của bộ phận chuyển động của máy quanh trục ngang

Bộ phận chuyển động của máy trọng lực cần phải quay một cách nhẹ nhàng và trơn tru. Sau khi thả lỏng các ốc đóng tiến hành quay nó quanh trục ngang đi một góc 30 - 40^0. Khi phát hiện thấy sự quay không trơn tru cần đưa máy đi sửa chữa.

3. Kiểm tra sự quay trơn của các ốc bộ vi đọc số

Bộ phận chuyển động của máy được điều khiển bởi ốc có hai ốc nhỏ: một ốc nhỏ có bước 0,4 mm dùng để xê dịch sơ bộ bộ phận chuyển động của máy, một ốc nhỏ có bước 0,35 mm để xê dịch chính xác bộ phận chuyển động của máy. Sự trơn tru của việc xê dịch sơ bộ bộ phận chuyển động của máy được kiểm tra khi vặn vào và vặn ra ốc nhỏ của ốc để bộ phận chuyển động quay đi một khoảng 2 - 4^0. Sự trơn tru của việc xê dịch chính xác bộ phận chuyển động của máy được kiểm tra bởi sự xê dịch đồng đều của vạch chuyển động theo thang chia của máy trọng lực khi vặn vào và vặn ra ốc nhỏ của ốc.

4. Kiểm tra sự quay trơn của vành đo của bộ vi đọc số quang học

Kiểm tra được thực hiện bằng cách quay vành đo của bộ vi đọc số quang học theo chiều kim đồng hồ và theo chiều ngược chiều kim đồng hồ. Khi đó làm trùng thang chia của bộ vi đọc số với chỉ số trong trường nhìn của kính vật trong khoảng 1', 2',.., 5'. Khi phát hiện thấy sự quay không trơn cần đưa máy đi sửa chữa.

5. Kiểm tra bộ vi đọc số quang học

a) Xác định sai số làm trùng các vạch chia

Đặt bàn độ của thiết bị đo góc ở các giá trị một vạch chia khác nhau và ở mỗi giá trị một vạch chia làm trùng các vạch chia hai lần và xác định hiệu các số đọc

theo bộ vi đọc số. Sai số trung phương của một lần làm trùng các vạch chia không được lớn hơn 0,5". Kết quả xác định sai số làm trùng các vạch chia được thực hiện theo mẫu dưới đây.

Xác định sai số làm trùng các vạch chia

Máy GAG-2 No 31

Người đo: **Ngày 22 tháng 10 năm 1998**

Các vị trí đặt bàn độ	Số đọc theo bộ vi đọc số		d (1 - 2)	Các vị trí đặt bàn độ	Số đọc theo bộ vi đọc số		d (1 - 2)
	1	2			1	2	
0^0	0'05,0"	0'05,0"	0,0"	0^0	2'32,2"	2'32,0"	0,2"
30^0	0 33,8	0 33,5	0,3	30^0	2 51,8	2 51,7	0,1
60^0	1 04,7	1 05,2	- 0,5	60^0	3 28,0	3 28,2	- 0,2
90^0	1 34,8	1 34,5	0,3	90^0	3 55,2	3 55,0	0,2
120^0	2 00,4	2 00,0	0,4	120^0	4 29,6	4 30,0	- 0,4
150^0	2 17,3	2 17,6	- 0,3	150^0	4 42,5	4 42,8	- 0,3

[dd] = 1,06

Sai số trung phương của một lần làm trùng vạch chia

$$m = \pm\sqrt{\frac{[dd]}{2.n}} = \pm 0,21",$$

ở đây n - số các vị trí đặt bàn độ, d - hiệu các số đọc tương ứng theo bộ vi đọc số.

b) Xác định độ dơ của bộ vi đọc số quang học

Khi đặt bàn độ ở các vị trí khác nhau tiến hành làm trùng các vạch chia bàn độ hai lần: theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ. Sự chênh giữa hai vị trí đặt bàn độ liên tiếp đặt bàn độ đi một góc 30^0, còn vành đo của bộ vi đọc số đi 20". Đại lượng trung bình $(T - N)_{TB}$ đặc trưng cho phần hệ thống của độ dơ của bộ vi đọc số quang học, còn đại lượng M - sai số trung phương của hiệu trung bình. Đại lượng cho phép của độ dơ (T - N) của bộ vi đọc số quang học phải nhỏ hơn 0,5". Kết quả xác định độ dơ (T - N) của bộ vi đọc số quang học được thực hiện theo mẫu dưới đây.

Xác định độ dơ của bộ vi đọc số quang học

Máy GAG-2 No 31

Người đo: **Ngày 03 tháng 5 năm 1997**

Các vị trí đặt bàn độ	Số đọc theo bộ vi đọc số		T - N	V	Các vị trí đặt bàn độ	Số đọc theo bộ vi đọc số		T - N	V
	T (theo chiều kim đồng hồ)	N (Ngược chiều kim đồng hồ)				T (theo chiều kim đồng hồ)	N (Ngược chiều kim đồng hồ)		
0^0	0’05,0”	0’05,5”	- 0,5”	- 0,6”	0^0	3’01,4”	3’00,8”	0,6”	0,5”
30^0	0 20,0	0 20,5	- 0,5	- 0,6	30^0	3 20,0	3 19,5	0,5	0,4
60^0	1 43,0	1 42,2	0,8	0,7	60^0	3 39,2	3 38,3	0,9	0,8
90^0	2 01,4	2 02,0	- 0,6	-0,7	90^0	4 00,5	4 00,6	- 0,1	- 0,2
120^0	2 21,0	2 20,5	0,5	0,4	120^0	4 19,8	4 20,0	- 0,2	- 0,3
150^0	2 39,5	2 39,2	0,3	0,2	150^0	4 41,5	4 42,0	- 0,5	- 0,6
$(T - N)_{TB} = 0,10”$									

$V = (T - N) - (T - N)_{TB}$ $[VV] = 3,44”$

Sai số trung phương của một hiệu

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} = \pm 0,5".$$

Sai số trung phương của hiệu trung bình

$$M = \pm\frac{\mu}{\sqrt{n}} = \pm 0,14".$$

c) Xác định ren của bộ vi đọc số quang học

Ren của bộ vi đọc số quang học là hiệu giữa đại lượng danh nghĩa của nửa giá trị một vạch chia bàn độ và đại lượng nhận được nhờ bộ vi đọc số. Để xác định ren cần đặt số đọc theo thang chia của bộ vi đọc số gần số 0 và nhờ ốc vặn làm trùng khái lược các chỉ đọc số A và $(A + 180^0)$ của các hình ảnh trên và dưới của bàn độ. Sau đó theo vành đo của bộ vi đọc số quang học đọc các số đọc dưới 3 lần làm trùng chính xác các chỉ đọc số:

a - Khi trùng các chỉ đọc số A và ($A + 180^0$);

b - Khi trùng các chỉ đọc số (A - 10') và ($A + 180^0$);

c - Khi trùng các chỉ đọc số A và ($A + 180^0$-10'), ở đây 10' - đại lượng của giá trị một vạch chia nhỏ nhất của bàn độ.

Ren của các hình ảnh trên và dưới (đơn vị giây) được xác định theo các công thức sau:

$$r_{tren} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i - b_i)}{n},$$

$$r_{duoi} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(a_i - c_i)}{n},$$

ở đây n = 16.

Các đại lượng $r = (r_{tren} + r_{duoi})/2$ và $\Delta r = r_{tren} - r_{duoi}$ không được lớn hơn 0,5 ". Nếu đại lượng ren vượt hạn sai, thì cần hiệu chỉnh các kết quả đo bằng số cải chính

$$\delta r = \frac{2r}{300''}.n'',$$

ở đây n" - số đọc theo bộ vi đọc số (đơn vị giây).

Khi các đại lượng r và Δr rất lớn thì phải mang hệ thống quang học của thiết bị đo góc đi sửa chữa. Kết quả xác định ren của bộ vi đọc số quang học được thực hiện theo mẫu dưới đây.

Xác định ren của bộ vi đọc số quang học

Máy GAG-2 No 31

Người đo: **Ngày 03 tháng 5 năm 1997**

Đo thuận						**Đo nghịch**					
Các vị trí đặt bàn độ	**a**	**b**	**c**	**(a-b)**	**(a-c)**	**Các vị trí đặt bàn độ**	**a**	**b**	**c**	**(a-b)**	**(a-c)**
$0^0 00'$	1,0"	1,0"	1,0"	0,0"	0,0"	$22^0 30'$	1,0"	0,2"	0,5"	0,8"	0,5"
(1)	1,0	1,0	1,7	0,0	-0,7	(16)	1,2	0,3	0,2	0,9	1,0
Trung bình				0,0	-0,35	Trung bình				0,85	0,75
$45^0 15'$	1,0	1,5	2,0	-0,5	-1,0	$67^0 45'$	0,4	-0,5	1,0	0,9	-0,6
(2)	1,0	1,2	1,8	-0,2	-0,8	(15)	0.0	-0.5	1,0	0,5	-1,0
Trung bình				-0,35	-0,90	Trung bình				0,70	-0,80

Đo thuận						Đo nghịch					
Các vị trí đặt bàn độ	**a**	**b**	**c**	**(a-b)**	**(a-c)**	**Các vị trí đặt bàn độ**	**a**	**b**	**c**	**(a-b)**	**(a-c)**
$90^0 30'$	1,7	0,0	0,0	1,7	1,7	$113^0 00'$	-0,2	-0,8	-0,2	0,6	0,0
(3)	2.0	0.2	0,0	1,8	2,0	(14)	-0,6	-0.8	-0,5	0,2	-0,1
Trung bình				1,75	1,85	Trung bình				0,40	-0,05
$135^0 45'$	1,0	1,2	0,2	-0,2	0,8	$157^0 15'$	2,2	2,0	2,2	0,2	0,0
(4)	0,8	1,2	0,5	-0,4	0,3	(13)	2,0	1,7	2,4	0,3	-0,4
Trung bình				-0,30	0,55	Trung bình				0,25	-0,20
$180^0 00'$	0,5	1,0	1,6	-0,5	-1,1	$22^0 30'$	2,0	1,5	2,0	0,5	0,0
(5)	0,6	1,0	1,3	-0,4	-0,7	(12)	2,0	1,2	2,2	0,8	-0,2
Trung bình				-0,45	-0,90	Trung bình				0,65	-0,10
$45^0 15'$	-1,5	-2,0	-1,0	0,5	-0,5	$68^0 45'$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(6)	-1,0	-1,8	-1,0	0,8	0,0	(11)	0,0	0,0	0,2	0,0	-0,2
Trung bình				0,65	-0,25	Trung bình				0,00	-0,10
$90^0 30'$	0,0	0,0	0,5	0,0	-0,5	$112^0 00'$	0,0	0,7	0,6	-0,7	-0,6
(7)	-0,2	0,0	1,0	-0,2	-1,2	(10)	0,0	0,4	0,4	-0,4	-0,4
Trung bình				-0,10	-0,85	Trung bình				-0,55	-0,50
$135^0 45'$	2,0	1,0	1,7	1,0	0,3	$157^0 15'$	0,5	-1,0	-1,0	1,5	1,5
(8)	2,0	1,0	1,7	1,0	0,3	(9)	0,3	-0,5	-1,2	0,8	1,5
Trung bình				1,00	0,30	Trung bình				1,15	1,50

$r_{tren} = 0,33”$ $r_{duoi} = -0,02”$

$r = 0,15”$ $\Delta r = 0,35”$

6. Kiểm tra và hiệu chỉnh vị trí của thang chia trong trường nhìn của kính vật

Các chỉ đọc số của thang chia của kính vật trong trường nhìn phải có hình ảnh rõ ràng và song song với hình ảnh của chỉ di động của con lắc. Sự rõ ràng của các chỉ đọc số của thang chia được điều chỉnh nhờ sự xê dịch phần trên của kính vật của máy trọng lực.

Hình ảnh của chỉ di động cần phải bao gồm hai dải tối được phân chia bởi dải sáng có chiều rộng không được lớn hơn hai lần chiều dài của chỉ đọc số của thang chia kính vật máy trọng lực.

7. Kiểm tra các đèn chiếu sáng của máy trọng lực, thiết bị đo góc và bộ điều nhiệt

Hệ thống chiếu sáng của máy trọng lực, thiết bị đo góc cần phải có các đèn chiếu sáng đều trường nhìn và các chỉ đọc số của thang chia.

Hệ thống đèn tín hiệu về trạng thái tắt - bật của bộ điều nhiệt phải được kiểm tra theo các chỉ số của ampe kế.

8. Kiểm tra và hiệu chỉnh các điều kiện hình học của máy

a) Kiểm tra điều kiện vuông góc của trục quay của con lắc của hệ thống đàn hồi với trục quay của khung quay của thiết bị đo góc

Kiểm tra được thực hiện nhờ xác định độ nhạt của hệ thống đàn hồi đối với sự thay đổi của gia tốc lực trọng trường khi nghiêng bộ phận chuyển động của máy trọng lực ở các vị trí cao hơn và thấp hơn đường chân trời: ν^+ và ν^-.

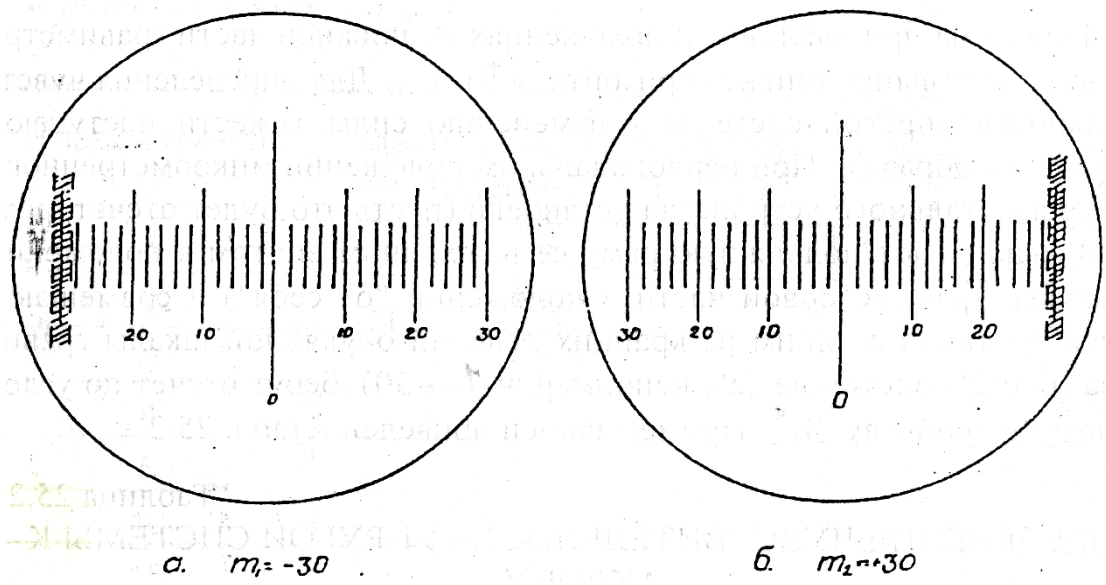
Đầu tiên bằng ốc vi đọc số của thiết bị phương vị đặt số đọc, giả sử bằng 0 và bằng ốc dẫn nghiêng khung quay về vị trí ν^+ (kính vật về phía xa người kiểm tra) và làm trùng chỉ số của con lắc với giá trị một vạch chia biên ($m_1^+ = -30$) của thang chia kính vật của máy trọng lực (xem hình dưới đây), đọc số đọc theo thiết bị đo góc β_1^+. Với vị trí nghiêng của khung quay như trên, bằng ốc dẫn làm trùng chỉ số của con lắc với giá trị một vạch chia biên ($m_2^+ = +30$) của thang chia kính vật của máy trọng lực, đọc số đọc theo thiết bị đo góc β_2^+. Tính độ nhạy C^+ theo công thức:

$$C^+ = \frac{\beta_1^+ - \beta_2^+}{m_2^+ - m_1^+}.$$

Không thay đổi số đọc theo ốc vi đọc số của thiết bị phương vị, nghiêng khung quay về vị trí ν^- (kính vật về phía người kiểm tra) và làm trùng chỉ số của con lắc với giá trị một vạch chia biên ($m_1^- = -30$) của thang chia kính vật của máy trọng lực, đọc số đọc theo thiết bị đo góc β_1^-. Với vị trí nghiêng của khung quay như trên, bằng ốc dẫn làm trùng chỉ số của con lắc với giá trị một vạch chia biên ($m_2^- = +30$) của thang chia kính vật của máy trọng lực, đọc số đọc theo thiết bị đo góc β_2^-. Tính độ nhạy C^- theo công thức:

$$C^- = \frac{\beta_1^- - \beta_2^-}{m_2^- - m_1^-}.$$

Tính giá trị trung bình $C = \frac{C^+ + C^-}{2}$. Ví dụ xem hàng thứ nhất của bảng dưới đây.



Sơ đồ làm trùng chỉ số của con lắc với các giá trị một vạch chia biên của thang chia kính vật của máy trọng lực

Xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi

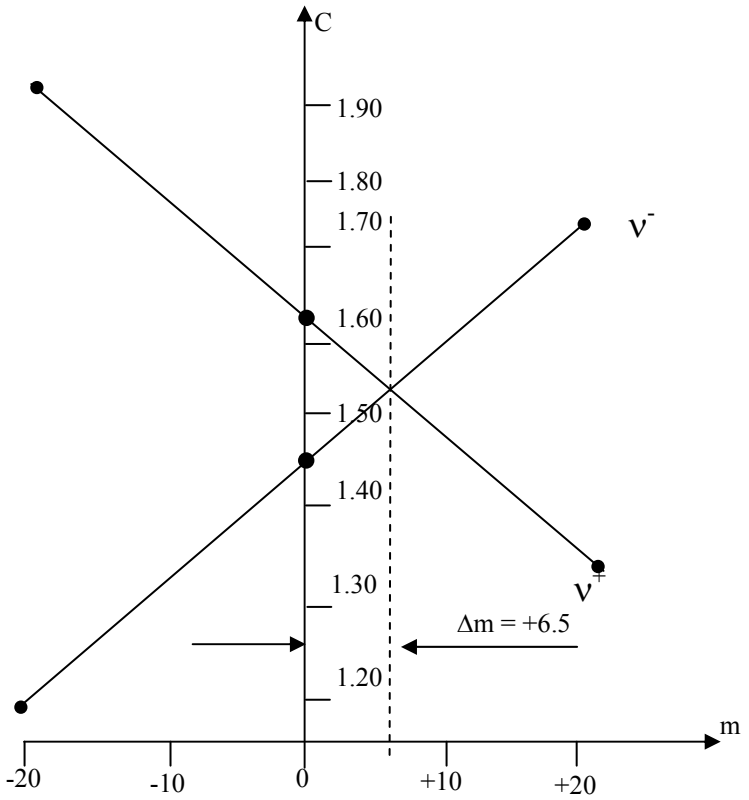
Các giá trị một vạch chia của ốc vi đọc số	Các độ nghiêng của thiết bị						Giá trị trung bình C (giây/ giá trị một vạch chia)
	Kính vật về phía xa người kiểm tra		v^+	Kính vật về phía người kiểm tra		v^-	
	β_1^+ khi $m_1^+ = -30$	β_2^+ khi $m_2^+ = +30$	C^+ (giây/giá trị một vạch chia)	β_1^- khi $m_1^- = -30$	β_2^- khi $m_2^- = +30$	C^- (giây/giá trị một vạch chia)	
0	$6^0$11'21"	$6^0$09'44"	1,62”	$3^0$55'51"	$3^0$54'23"	1,47”	1,54”
-20	6 11 26	6 09 29	1,95	3 55 43	3 54 33	1,17	1,56
+20	6 11 12	6 09 51	1,35	3 56 04	3 54 21	1,72	1,53

Tiếp theo bằng ốc dẫn đưa khung quay về vị trí tương ứng với vị trí giữa của bọt nước ống thủy ngang. Mở các ốc hãm của bộ phận chuyển động của máy trọng lực và quay phần bên trong của máy trọng lực đi một vòng (tương ứng với 20 giá trị một vạch chia của ốc vi đọc số của thiết bị phương vị). Dùng các ốc hãm đưa các bọt nước của cả hai ống thủy của phần bên trong máy trọng lực về vị trí giữa.

Sau đó lại xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi dưới các vị trí nghiêng của khung quay ở các vị trí ν^+ và ν^- (xem hàng thứ hai của bảng trên).

Cuối cùng, bằng ốc dẫn đưa khung quay về vị trí tương ứng với vị trí giữa của bọt nước ống thủy ngang. Mở các ốc hãm của bộ phận chuyển động của máy trọng lực và quay phần bên trong của máy trọng lực đi một vòng (tương ứng với 20 giá trị một vạch chia của ốc vi đọc số của thiết bị phương vị), nhưng theo hướng ngược lại so với số đọc 0 của ốc vi đọc số của thiết bị phương vị ở lần đầu tiên. Dùng các ốc hãm đưa các bọt nước của cả hai ống thủy của phần bên trong máy trọng lực về vị trí giữa. Sau đó lại xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi dưới các vị trí nghiêng của khung quay ở các vị trí ν^+ và ν^- (xem hàng thứ ba của bảng trên).

Sử dụng các số liệu tính độ nhạy ở bảng trên dưới hai vị trí ν^+ và ν^- dựng hai đường thẳng ν^+ và ν^- (xem đồ thị ở dưới). Chúng cắt nhau tại vị trí có hoành độ + 6,5 giá trị một vạch chia. Giá trị của hoành độ trên là số đọc theo thiết bị phương vị tương ứng với các độ nhạy bằng nhau, tức Δm = + 6,5 giá trị một vạch chia.



Đồ thị phụ thuộc của độ nhạy của hệ thống đàn hồi vào các góc nghiêng

C - Độ nhạy (đơn vị giây cung trên giá trị một vạch chia của thang đọc số); m - số đọc theo ốc vi đọc số của thiết bị phương vị; Δm - đại lượng của số cải chính vào điều chỉnh phương vị trong các giá trị một vạch chia của thang đọc số.

Trong ví dụ ở bảng trên, giá trị trung bình của độ nhạy bằng 1,54”/giá trị một vạch chia và tương ứng với góc mở ν ở bảng dưới đây.

β^+	β^-	2ν	ν
$6^0$11'21"	$3^0$55'51"	$2^0$15'30"	$1^0$07'45"

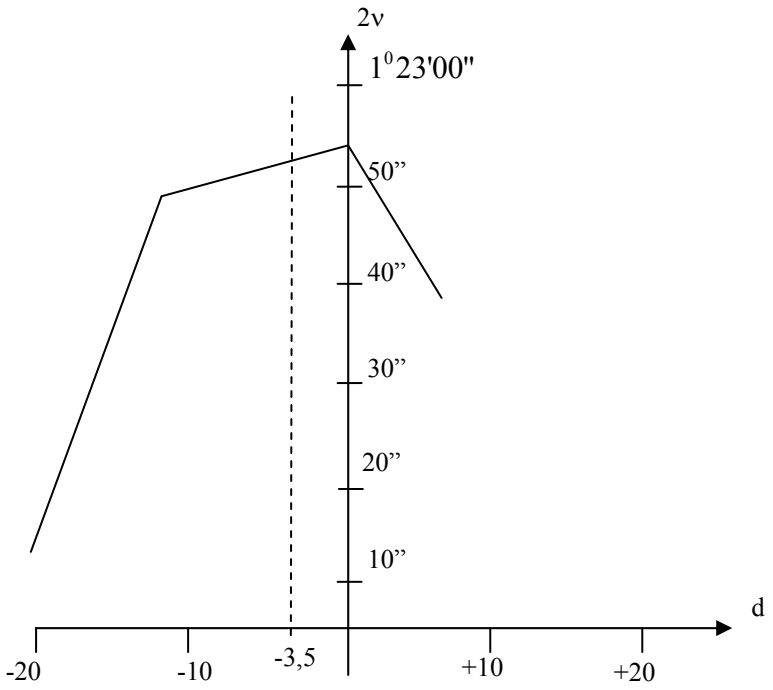
Tiến hành kiểm tra lại điều kiện nêu trên một vài lần. Nếu các đại lượng Δm không chênh nhau quá 1 giá trị một vạch chia, thì điều kiện vuông góc của trục quay của con lắc của hệ thống đàn hồi với trục quay của khung quay của thiết bị đo góc là thỏa mãn.

b) Kiểm tra điều kiện nằm ngang của trục con lắc của hệ thống đàn hồi theo ống thủy dọc

Việc kiểm tra được thực hiện nhờ việc xác định sự phụ thuộc của các số đọc theo máy trọng lực vào các độ nghiêng của nó trong mặt phẳng dao động của con lắc. Đầu tiên nhờ ống thủy tròn đặt trục quay của máy trọng lực vào đường chân trời. Đặt chốt định vị để ghi số các giá trị một vạch chia của sự quay của các ốc cân bằng của máy trọng lực. Lấy một loạt các số đọc theo máy trọng lực tương ứng với các giá trị một vạch chia của các ốc cân bằng. Khi đó cần phải quay hai ốc cân bằng đồng thời về các phía khác nhau sao cho thiết bị nghiêng trong mặt phẳng dao động của con lắc. Ví dụ xem bảng dưới đây.

Chốt định vị giá trị một vạch chia của sự quay của các ống nâng của máy trọng lực (d)	**Số đọc β_1**	**Số đọc β_2**	**Góc mở $2\nu = \beta_1 - \beta_2$**
0	$73^0$03'32,5"	$71^0$40'39,0"	$1^0$22'53,5"
+ 10	$73^0$03'22,5"	$71^0$40'55,5"	$1^0$22'27,0"
- 10	$73^0$03'27,5"	$71^0$40'37,0"	$1^0$22'50,5"
- 20	$73^0$03'07,5"	$71^0$40'50,0"	$1^0$22'17,5"

Theo các giá trị góc mở 2ν tính được dựng đồ thị phụ thuộc của các số đọc vào các độ nghiêng (xem hình dưới đây).



Đồ thị phụ thuộc của các số đọc vào các độ nghiêng

Xác định đường thẳng song song với trục tung và là đường đối xứng của đồ thị. Đường này cắt trục hoành tại điểm - 3,5. Đặt các ốc cân bằng vào vị trí vừa tìm được (- 3,5). Bằng ốc điều chỉnh đưa trục của ống thủy hình trụ (ống thủy dọc) vào vị trí nằm ngang. Đọc số đọc theo máy trọng lực - số đọc này phải là cực đại. Khi đó điều kiện nằm ngang của trục con lắc của hệ thống đàn hồi thoả mãn.

c) Kiểm tra điều kiện nằm ngang của trục con lắc của hệ thống đàn hồi theo ống thủy ngang

Sử dụng các kết quả ở mục b xác định đường phân giác của góc mở 2ν

$$\overline{\beta} = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} = 72^0 22'06,0".$$

Đặt số đọc này vào thiết bị đo góc của máy trọng lực và nhờ ốc điều chỉnh đưa bọt nước của ốc thủy ngang vào điểm 0 sao cho bọt nước của ống thủy dọc không thay đổi vị trí của mình. Khi đó điều kiện nằm ngang của trục con lắc của hệ thống đàn hồi thoả mãn.

9. Kiểm tra bộ điều nhiệt

Tổng thời gian nóng lên và lạnh đi của bộ điều nhiệt không vượt quá 100 s. Một ngày đêm sau khi mở bộ điều nhiệt tiến hành đo các khoảng thời gian nóng lên và lạnh đi của các bộ điều nhiệt bên trong và bên ngoài nhờ thiết bị đo giây. Trong quá trình đo tiến hành theo dõi trạng thái của các bộ điều nhiệt nhờ đèn tín hiệu hoặc ampe kế của máy trọng lực. Ví dụ xem ở bảng dưới đây.

Số hiệu máy trọng lực	Số thứ tự kiểm tra	Thời gian nóng lên và lạnh đi		Tổng thời gian nóng lên và lạnh đi
		$T_{nóng\ lên}$ (s)	$T_{lạnh\ đi}$ (s)	$T = T_{nóng\ lên} + T_{lạnh\ đi}$
GAG-2 No 31 (Bộ điều nhiệt bên trong)	1	35	45	80
	2	36	45	81
	3	35	46	81
	4	35	45	80
	5	35	46	81
	6	36	45	81
	7	35	45	80
	8	37	44	81
	9	35	47	82
	10	36	45	81
			Trung bình	81

10. Xác định hệ số áp suất của máy

Điều chỉnh khoảng của máy trọng lực bằng 10'. Đặt máy trọng lực vào buồng áp suất sao cho có thể quan sát được vị trí của chỉ số chuyển động của con lắc trên thang chia của kính vật của máy trọng lực từ bên ngoài. Cân bằng máy trọng lực. Bằng ốc dẫn làm nghiêng phần quay của máy trọng lực vào vị trí để chỉ số chuyển động của con lắc nằm ở giữa thang chia kính vật. Lấy số đọc n' theo thang chia kính vật và đo áp suất không khí B. Đóng buồng áp suất và giảm áp suất đến giá trị B_1 (giảm đi khoảng 300 mm thủy ngân). Trong trường hợp cần thiết cân bằng máy trọng lực bằng ốc cân bằng của buồng áp suất. Lấy số đọc n" theo thang chia kính vật. Thực hiện đo không ít hơn 3 lần. Tính các chỉ số của số đọc trong đơn vị mGal: g' = C.n', g" = C.n".

Hệ số áp suất của máy được xác định theo công thức:

$$b = \frac{g' - g''}{B - B_1}.$$

11. Xác định khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường cho phép của máy

a) Xác định khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường mà không cần điều chỉnh lại máy

Khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường của máy GAG-2 không hạn chế theo chiều tăng của lực trọng trường và bị hạn chế theo chiều giảm của lực trọng trường

bởi góc mở 2ν = 0. Việc xác định khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường cho phép của máy GAG-2 mà không cần điều chỉnh lại máy được thực hiện như sau:

- Đặt máy trên điểm đã biết giá trị gia tốc lực trọng trường $\tilde{g}_0$;

- Đo góc mở 2ν;

- Tính chỉ số của máy trọng lực g' theo công thức:

$$g' = g_0.(\text{Sec}\nu - 1),$$

ở đây g_0 - giá trị gia tốc lực trọng trường khi góc mở ν = 0.

- Giá trị nhỏ nhất của gia tốc lực trọng trường có thể đo được bằng máy GAG-2 được xác định theo công thức:

$$g = \tilde{g}_0 - g'.$$

Ví dụ, xác định khoảng đo hiệu gia tốc lực trọng trường cho phép mà không cần điều chỉnh lại máy đối với máy trọng lực GAG-2 No31 với g_0 = 980052 mGal được trình bày ở bảng dưới đây.

Máy trọng lực GAG-2 No 31 $\tilde{g}_0$ **= 981540 mGal**

Người đo: **Ngày 20 tháng 10 năm 2001**

Số đọc β_1	**Số đọc** β_2	**Góc mở** $2\nu = \beta_1 - \beta_2$	**ν**
$79^0$26'15"	$75^0$14'10"	$4^0$12'05"	$2^0$06'02"

g' = 659 mGal

Giá trị nhỏ nhất của gia tốc lực trọng trường có thể đo được bằng máy GAG-2 No31 bằng 980881 mGal.

b) Xác định giá trị một vạch chia của ốc khoảng đo

Việc xác định giá trị một vạch chia của ốc khoảng đo được thực hiện như sau:

- Đưa máy vào trạng thái làm việc;

- Đặt khoá khoảng và hơi xoay ốc khoảng đo một chút;

- Đo góc mở 2ν và lấy số đọc theo ốc khoảng đo n_1;

- Vặn ốc khoảng đo vào hết cỡ;

- Đo góc mở 2ν và lấy số đọc theo ốc khoảng đo n_2;

- Tính theo các gốc mở các chỉ số g_1' và g_2' của máy trọng lực trong hai vị trí của ốc khoảng đo;

- Tính giá trị một vạch chia của ốc khoảng đo theo công thức:

$$C_0 = \frac{g_2^{'} - g_1^{'}}{n_2 - n_1}.$$

Ví dụ xác định giá trị một vạch chia của ốc khoảng đo được trình bày ở bảng dưới đây.

Máy trọng lực GAG-2 No 31 **g_0 = 980052**

Người đo: **Ngày 20 tháng 10 năm 2001**

Số đọc của ốc khoảng đo	Số đọc β_1	Số đọc β_2	Góc mở $2\nu = \beta_1 - \beta_2$	g', mGal
0,0	$79^0 26'$	$75^0 14'$	$4^0 12'$	658
+ 6,3	$82^0 16'$	$72^0 24'$	$9^0 52'$	3644

$$C_0 = \frac{2986}{6{,}3} = 470 \text{ mGal/vòng}$$

c) Xác định khoảng điều chỉnh cần thiết của máy trọng lực

Sau khi thực hiện các nội dung ở các mục a và b, để xác định giá trị một vạch chia của ốc khoảng đo bởi khóa khoảng đo tiến hành vặn ốc này ra hết cỡ và lấy số đọc n_0 theo ốc khoảng đo. Việc xác định khoảng điều chỉnh cần thiết của máy trọng lực theo hướng tăng của gia tốc lực trọng trường được thực hiện theo công thức:

$$\Delta g = C_0.(n_0 - n_1).$$

12. Thiết lập khoảng đo

Để đảm bảo cho việc đo được các hiệu gia tốc lực trọng trường giữa các điểm trong khu đo bằng máy GAG-2 phải đặt khoảng đo cho máy đo. Việc thiết lập khoảng đo cho máy GAG-2 được thực hiện theo các bước sau:

- Từ các số liệu trọng lực đã có trong khu đo với độ chính xác 10 - 20 mGal xác định hiệu gia tốc lực trọng trường lớn nhất Δg_{max} giữa các điểm của khu đo;

- Nếu giá trị Δg_{max} dương, thì đặt góc mở khoảng 10 - 15'. Nếu giá trị Δg_{max} âm thì phải tính góc mở ν theo công thức:

$$Cos\nu = \frac{1}{\frac{|\Delta g_{max}|}{g_0} + 1},$$

ở đây g_0 - giá trị gia tốc lực trọng trường khi góc $\nu = 0$.

Đối với trường hợp giá trị Δg_{max} âm, để đặt góc mở của máy trọng lực cần tiến hành đo góc mở với việc xác định các giá trị β_1 và β_2, tính $\beta_0 = (\beta_1 + \beta_2)/2$ và

$\beta_2^{'} = \beta_0 + \nu$. Nhờ vành đo của bộ vi đọc số của thiết bị đo góc và ốc vi đọc số làm nghiêng bộ phận chuyển động của máy trọng lực sao cho số đọc theo thiết bị đo góc bằng $\beta_2^{'}$. Nhờ ốc khoảng đo đưa chỉ số chuyển động của con lắc của hệ thống đàn hồi về vị trí giữa trường nhìn của kính vật.

- Tiến hành đo kiểm tra góc mở của máy trọng lực. Giá trị đo của góc mở phải lớn hơn giá trị ν tính được.

Ví dụ cho khu đo có Δg_{max} = - 300 mGal. Việc tính, đặt góc mở và đo kiểm tra được trình bày ở dưới đây.

Máy GAG-2 No 31 **g_0 = 980052 mGal**

Người đo: **Ngày 01 tháng 6 năm 2000**

β_1	β_2	β_0
Trước khi đặt góc mở		
$10^0 25'15"$	$11^0 27'20"$	$10^0 56'18"$
		$+ 1^0 25'$
		$\beta_2^{'} = 12^0 21'18"$
Sau khi đặt góc mở		
$9^0 31'30"$	$12^0 21'55"$	$2\nu = 2^0 50'25"$
		$\nu = 1^0 25'12"$
		g' = 300 mGal

Phụ lục 5
QUY TRÌNH KIỂM TRA VÀ KIỂM NGHIỆM CÁC MÁY TRỌNG LỰC Z400 VÀ GNU-KV

1. Kiểm tra bên ngoài máy trọng lực

Công việc này được thực hiện bằng cách dùng mắt quan sát. Các khớp nối không được hư hỏng về mặt cơ khí. Kiểm tra các nhiệt kế, giới hạn nhiệt độ đo của chúng và kiểm tra dây dẫn nguồn.

2. Kiểm tra và điều chỉnh hoạt động của các ốc cân bằng máy

Khi xoay các ốc cân bằng phải nhẹ và êm. Nếu quay thấy nặng và không đều cần tháo ra rửa bằng xăng, sau đó bôi mỡ và lắp lại.

3. Kiểm tra sự quay trơn của ốc đọc số

Tất cả các vạch chia của ốc đọc số phải nét, nhìn rõ. Khi quay ốc đọc số phải êm và nhẹ trên toàn bộ dải đọc. Việc kiểm tra được thực hiện bằng cách quay từ từ ốc đọc số từ 0 đến 15 vòng. Cần lưu ý độ êm khi quay ốc đọc số thuận chiều cũng như ngược chiều kim đồng hồ tại những vị trí chuyển tiếp giữa các vòng chẵn, sự phù hợp giữa vạch chia với vành đọc số.

4. Kiểm tra vị trí của thang chia vạch trong trường nhìn ống kính

Các vạch của thang chia trong trường nhìn ống kính phải rõ nét và song song với vạch sáng di động chỉ thị ảnh con lắc. Việc kiểm tra được thực hiện trước khi thiết lập dải đo trọng lực. Độ nét các vạch của thang chia trên trường nhìn được điều chỉnh bằng cách xê dịch phần trên của ống kính. Hình ảnh chỉ thị con lắc bao gồm hai vạch tối, được phân chia bởi vạch sáng, độ rộng của nó không được vượt quá hai lần độ dày của vạch chia trên thang trường nhìn. Điều chỉnh nó bằng cách xê dịch ống kính theo chiều cao. Vạch không của thang chia trên trường nhìn được xác định ở giữa hai vị trí tận cùng của ảnh chỉ thị con lắc. Các vị trí này được xác định bởi các giới hạn chuyển động của con lắc. Vị trí vạch không của thang chia được điều chỉnh nhờ xoay phần lệch tâm của ống kính.

5. Kiểm tra và điều chỉnh đèn chiếu sáng

Để thay đổi độ sáng tối trong trường nhìn cần xê dịch cụm bóng đèn lên xuống tùy ý.

6. Kiểm tra và điều chỉnh các bọt nước của máy trọng lực

Đầu tiên kiểm tra bọt nước dọc, được bố trí theo hướng của con lắc, sau đó kiểm tra bọt nước ngang, được bố trí theo hướng trục quay của con lắc. Nghiêng

máy trọng lực được thực hiện nhờ các ốc cân bằng. Việc kiểm tra và điều chỉnh chính xác các bọt nước được thực hiện khi xác định hằng số máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng.

7. Xác định và điều chỉnh độ nhậy của hệ thống đàn hồi

7.1. Xác định và điều chỉnh độ nhạy của máy trọng lực GNU-KV và tương đương

Tỷ số giữa độ xê dịch của vạch chỉ thị ảnh con lắc, biểu thị bằng số vạch trên thang trường nhìn ống kính đối với sự thay đổi giá trị trọng lực tương ứng được gọi là độ nhạy của con lắc. Độ nhạy của con lắc không được nhỏ hơn 4 vạch (của thang chia trong trường nhìn ống kính)/mGal.

Xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi được thực hiện như sau:

- Dùng ốc đọc số đưa vạch chỉ thị ảnh con lắc lần lượt trùng với vạch +n và -n của thang chia trong trường nhìn ống kính và lấy số đọc r_{+ni} và r_{-nj} theo ốc đọc số. Việc làm chập với mỗi vạch (+n và -n) phải thực hiện ít nhất 3 lần ($i \geq 3$);

- Tính giá trị trung bình (r_1 và r_2) của số đọc; độ nhạy của hệ thống đàn hồi được tính theo công thức sau

$$\delta = \frac{\Delta n}{C.(r_2 - r_1)},$$

trong đó Δn - khoảng cách giữa các vạch trong thang chia của trường nhìn; C - hằng số của máy trọng lực.

Nếu độ nhạy của hệ thống đàn hồi nhỏ hơn 3 vạch/mGal thì phải gửi máy về nơi chế tạo để điều chỉnh độ nhạy.

Ví dụ về xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi máy GNU - KV được thể hiện trong bảng sau:

Xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi máy GNU - KV

Người đo: Điều Văn Vân **Ngày 20 tháng 5 năm 2008**

Máy GNU-KV số 70 **C = - 6,170 mGal/vòng**

Số hiệu vạch trên thang chia ống kính n (vạch)	Số đọc trên ốc đọc số r (vòng)	Ghi chú
- 10	3,953	
- 10	3,950	
- 10	3,944	

Số hiệu vạch trên thang chia ống kính n (vạch)	Số đọc trên ốc đọc số r (vòng)	Ghi chú
$r_1 = 3,949$		Số đọc trung bình tại vạch -10
10	3,184	
10	3,164	
10	3,162	
$r_2 = 3,170$		Số đọc trung bình tại vạch +10

$$\delta = \frac{20}{-6,17\left(3,170 - 3,949\right)} = 4,2 \text{ vạch/mGal}$$

7.2. Xác định và điều chỉnh độ nhạy của hệ thống đàn hồi máy trọng lực Z400 và tương đương

Đối với máy Z400, độ nhạy δ của con lắc là độ lệch số đọc khi ảnh con lắc dịch chuyển từ vạch "0" đến vạch "1" (hoặc vạch "-1") trên thang chia của trường nhìn, thêm vào đó $\delta = r_{-1} - r_0$ hoặc $r_{+1} - r_0$ (vòng), ở đây r_{-1}, r_0, r_{+1} - số đọc của máy trọng lực khi vạch chỉ thị con lắc chập với vạch -1, 0, +1 trong trường nhìn.

Độ lệch số đọc cao hơn thì độ nhạy của máy thấp hơn. Độ nhạy con lắc của máy Z400 bình thường vào khoảng 16 - 20 vòng khi hằng số máy là 0,1 mGal/đơn vị đọc số, nếu không, độ nhạy con lắc có thể được tính toán dựa vào hằng số thực của máy. Nếu độ nhạy con lắc lớn hơn 20, thì độ nhạy của máy quá thấp và ngược lại, nếu độ nhạy con lắc nhỏ hơn 16, thì độ nhạy của máy quá cao, cần phải điều chỉnh.

Độ nhạy con lắc được đo với vạch "1" khác với độ nhạy con lắc được đo với vạch "-1", độ sai khác chỉ khoảng 2 - 3 đơn vị đọc số, điều đó không ảnh hưởng đến việc sử dụng máy. Vì vậy cả vạch "1" hoặc vạch "-1" đều có thể sử dụng cho việc xác định độ nhạy của con lắc.

Do độ nhạy của con lắc liên quan đến độ nghiêng dọc, cho nên trước khi điều chỉnh độ nhạy của con lắc cần kiểm tra xem bọt nước đã được căn chỉnh chuẩn chưa. Cần thận trọng với độ cân bằng của các bọt nước khi điều chỉnh độ nhạy của con lắc.

Các bước điều chỉnh độ nhạy của con lắc như sau:

- Kiểm tra độ nhạy của con lắc chỉ tiến hành sau khi các bọt nước đã được căn chỉnh chuẩn;

- Cân bằng máy và đưa con lắc về trùng với vạch "0" trong trường nhìn, xoay tay nắm ống kính theo chiều kim đồng hồ (cho trường hợp tăng độ nhạy) đi một góc nào đó trong khi vạch "0" cắt chéo vạch chỉ con lắc, nắm chắc tay nắm ống kính bằng tay trái và xoay mắt kính ngược chiều kim đồng hồ để cho vạch "0" song song với vạch chỉ con lắc, khi đó vạch "0" dịch tới vị trí mới về phía phải;

- Điều chỉnh lại bọt nước dọc trên cơ sở vạch "0" mới;

- Xác định lại độ nhạy của con lắc xem đã đạt yêu cầu chưa, nếu chưa đạt thì làm lại việc điều chỉnh cho đến khi đạt yêu cầu mới thôi;

- Nếu độ nhạy của con lắc quá cao, cần điều chỉnh giảm thì xoay tay nắm ống kính ngược chiều kim đồng hồ và xoay mắt kính theo chiều kim đồng hồ. Trong trường hợp này thì vạch "0" sẽ dịch về vị trí mới ở phía trái.

Ví dụ về xác định độ nhạy của hệ thống đàn hồi máy Z400 được thể hiện trong bảng dưới đây.

Người đo: Điều Văn Vân **Ngày 20 tháng 5 năm 2008**

Máy Z400 số 111 **C = 0,107 mGal/vòng**

TT	n	r (vòng)	r_{tb} (vòng)	δ (vòng)
1	-1	3.088,0		
2	-1	3.087,5	3.087,5	18,0
3	-1	3.087,1		
4	0	3.069,8		
5	0	3.069,4	3.069,5	
6	0	3.069,3		
7	1	3.049,8		
8	1	3.049,5	3.049,5	20,0
9	1	3.049,2		

Độ nhạy này nằm trong phạm vi cho phép.

8. Xác định thời gian ổn định số đọc của máy trọng lực

Thời gian ổn định số đọc (h_{tl}) của máy trọng lực không nên vượt quá 3 phút. Việc xác định được thực hiện như sau:

- Đặt máy trọng lực lên ôtô (trong thùng vận chuyển), cho xe chạy trong 10 - 15 phút;

- Sau khi kết thúc vận chuyển, nhanh chóng đặt máy vào điểm đo và cân bằng máy;

- Quan sát máy trọng lực trong thời gian ít nhất là 20 phút; trong 5 phút đầu lấy số đọc cho từng phút một, còn sau đó cứ 2 phút đọc số một lần;

- Chuyển số đọc ra mGal và tính hiệu các giá trị này so với giá trị đầu tiên.

Thời gian ổn định số đọc là hiệu thời gian lấy số đọc đầu tiên và thời gian ứng với số đọc lệch so với số liền kề không lớn hơn 0,03 mGal. Thời gian ổn định số đọc có thể xác định bằng phương pháp đồ thị. Ví dụ về đo đạc và tính toán để xác định thời gian ổn định số đọc được trình bày ở dưới đây:

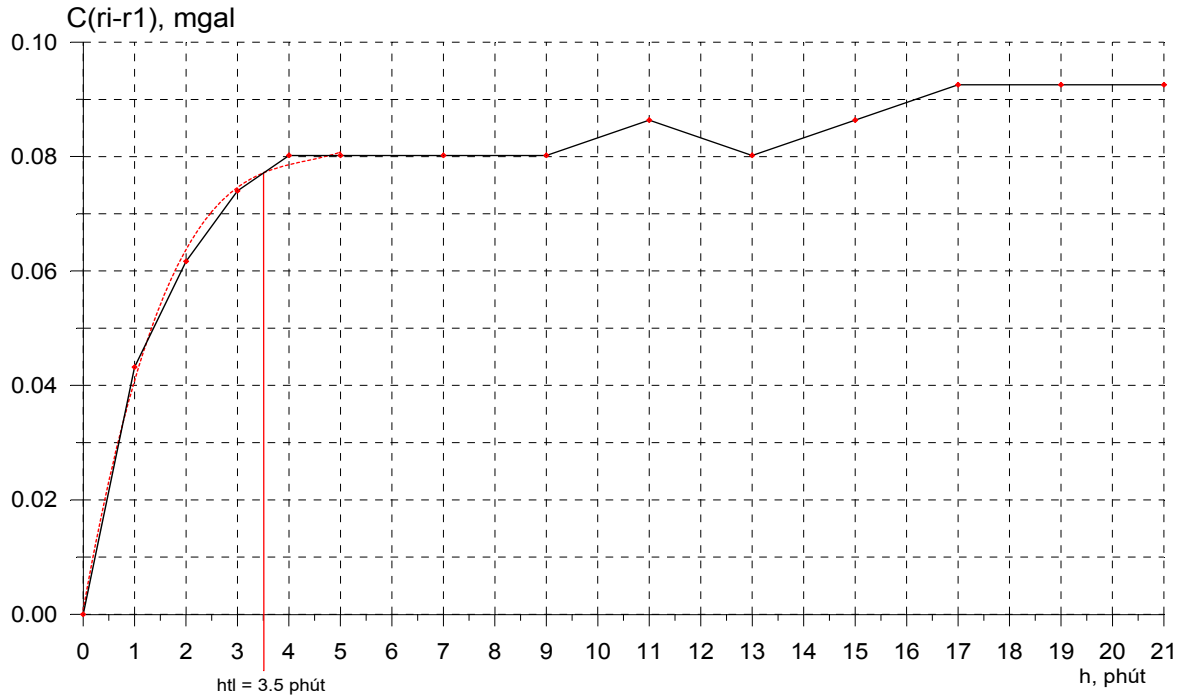
Người đo: Điều Văn Vân **Ngày 20 tháng 5 năm 2008**

Máy GNU-KV số 70 **C = -6,170 mGal/vòng**

STT	Thời gian h m	h_i-h_1 (m)	Số đọc r_i (vòng)	r_i-r_1 (vòng)	C.(r_i-r_1) (mGal)	Ghi chú
1	8 15	0	4,752	0,000	0,00	
2	8 16	1	4,759	0,007	0,04	
3	8 17	2	4,762	0,010	0,06	
4	8 18	3	4,763	0,011	0,07	
5	8 19	4	4,765	0,013	0,08	
6	8 20	5	4,765	0,013	0,08	
7	8 22	7	4,765	0,013	0,08	
8	8 24	9	4,765	0,013	0,08	
9	8 26	11	4,766	0,014	0,09	
10	8 28	13	4,765	0,013	0,08	
11	8 30	15	4,766	0,014	0,09	
12	8 32	17	4,767	0,015	0,09	
13	8 34	19	4,767	0,015	0,09	
14	8 36	21	4,767	0,015	0,09	

Từ bảng trên chúng ta thấy rằng thời gian ổn định số đọc từ 3 - 4 phút.

Đồ thị biểu diễn sự thay đổi giá trị số đọc của máy trọng lực theo thời gian



9. Xác định độ dịch chuyển điểm 0

Độ dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực không được vượt quá 2 mGal/ ngày - đêm (0,083 mGal/giờ) và được tính toán theo công thức

$$\delta g_{xd} = \Delta g/\Delta T = C.\Delta r/\Delta T,$$

ở đây Δg - sự thay đổi số đọc (mGal) của máy trọng lực tại cùng một điểm trong khoảng thời gian ΔT.

Độ dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực có thể được tính toán từ các số liệu kiểm nghiệm trong phòng và số liệu quan sát hoặc công tác ngoại nghiệp như:

- Quan sát trong phòng kéo dài trong mấy ngày đêm;

- Xác định sai số trung phương một lần đo giá trị trọng lực;

- Xác định hằng số máy trọng lực trên đường đáy;

- Thực hiện chuyến đo kiểm tra;

- Quan sát ngoại nghiệp.

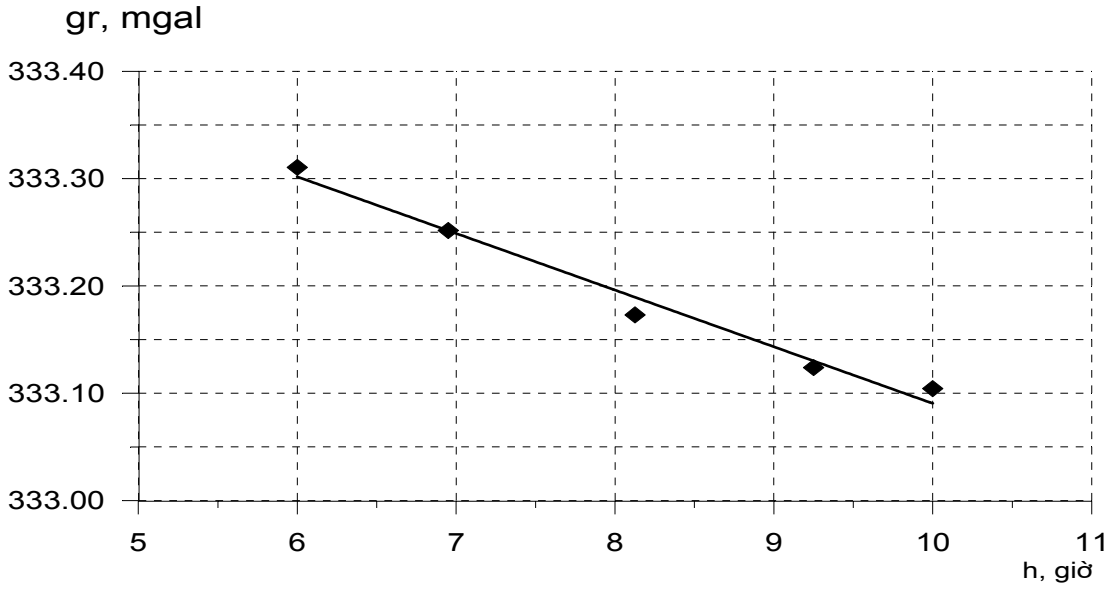
Ví dụ về đo đạc và tính toán để xác định độ dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực được trình bày ở dưới đây:

Người đo: Đinh Xuân Mạnh **Ngày 20 tháng 5 năm 2008**

Máy Z400 No115 **C = 0,0982 mGal/vòng**

STT	Thời gian h m	h_i-h_1 (Quy về đơn vị giờ theo thời gian đo đầu tiên)	Số đọc r_i (vòng)	g^r=C.r_i (mGal)	Dịch chuyển điểm "0" δg_{xd} (mGal)
1	06 00	0,00	3394,2	333,310	0,000
2	06 57	0,95	3393,6	333,252	-0,059
3	08 08	2,13	3392,8	333,173	-0,137
4	09 15	3,25	3392,3	333,124	-0,187
5	10 00	4,00	3392,1	333,104	-0,206

Cho khoảng thời gian ΔT = 10 - 6 = 4 giờ, số đọc của máy thay đổi là Δg = 333,310 - 333,104 = 0,206 mGal. Dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực Z400 No115 là δg_{xd} = 0,206/4 x 24 = 1,237 mGal/ngày - đêm. Khi sử dụng dịch chuyển theo giờ, ứng với trường hợp của chúng ta là δg_{xd} = 0,206/4 = 0,052 mGal/h. Đồ thị tính dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực Z400 số 115 được trình bày ở dưới đây.



10. Xác định giá trị vạch chia ốc đọc số (hằng số C) của máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng trên thiết bị chuẩn UEGP-1

Mối liên quan giữa chỉ số của máy trọng lực (số đọc tính bằng mGal) với số đọc theo thang chia của ốc đọc số và nhiệt độ của máy là một hàm không tuyến tính. Trong thực tiễn người ta biểu diễn hàm này dưới dạng:

$$g^r = C.r + f(r),$$

trong đó C - giá trị vạch chia của ốc đọc số, không đổi cho cả khoảng đo và gọi là hằng số của máy trọng lực; r - số đọc theo ốc đọc số; f(r) - phần phi tuyến của thang đo.

Xác định hằng số của máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng, trên thiết bị chuẩn gồm các bước sau:

a) Kiểm tra và căn chỉnh thiết bị chuẩn nghiêng

Trước khi làm việc với thiết bị chuẩn máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng, trục quay của khung quay cần phải ở vị trí nằm ngang. Để đạt được điều đó phải tiến hành kiểm tra và căn chỉnh vị trí trục khung quay của thiết bị chuẩn.Việc căn chỉnh được thực hiện nhờ sử dụng bọt nước được gắn đặc biệt, có trong tổ hợp thiết bị. Đầu tiên tiến hành chỉnh bọt nước (dùng cho khung quay) để đạt được độ song song giữa trục của bọt nước với mặt phẳng chứa đáy của nó. Sau đó bọt nước đã được điều chỉnh bố trí ở mặt trên của khung quay phải song song với trục quay của khung và dùng ốc cân bằng của thiết bị chuẩn chỉnh bọt nước vào vị trí cân bằng. Dùng ốc chỉnh bọt nước, bố trí trên đế của thiết bị, đưa bọt nước vào vị trí giữa và từ đây bọt nước này chỉ thị vị trí trục quay của thiết bị chuẩn máy.

b) Lắp và điều chỉnh máy trọng lực trên thiết bị chuẩn

Máy trọng lực được tháo ra khỏi vỏ ngoài và lắp đặt vào trong cốc đựng máy trọng lực của thiết bị chuẩn, sao cho trục quay con lắc của hệ thống đàn hồi vuông góc với trục quay của khung quay của thiết bị chuẩn, còn con lắc hướng về bên phải (của người thao tác). Vặn chặt các ốc để cố định máy trọng lực với cốc đựng máy trọng lực. Dùng các ốc cân bằng của cốc đựng máy đưa 2 bọt nước của máy trọng lực về giữa. Dùng ốc liên kết của cốc đựng máy trọng lực bắt thật chặt nó với khung quay của thiết bị chuẩn. Những thao tác này phải được thực hiện ít nhất 12 giờ trước khi tiến hành quan sát. Đặt số đọc của ốc đọc số máy trọng lực tại vị trí 0,5 - 0,8 vòng, dùng ốc chỉnh dải đưa con lắc về vạch 0 trong trường nhìn ống kính.

Máy trọng lực cần được lắp đặt vào thiết bị chuẩn sao cho đạt được các điều kiện hình học như sau:

- Trục con lắc của hệ thống đàn hồi phải ở vị trí nằm ngang;

- Trục quay con lắc của hệ thống đàn hồi phải ở vị trí nằm ngang;

- Trục quay con lắc phải vuông góc với trục quay của khung quay trên thiết bị chuẩn.

Để đạt được các yêu cầu trên phải thực hiện những kiểm tra và căn chỉnh dưới đây:

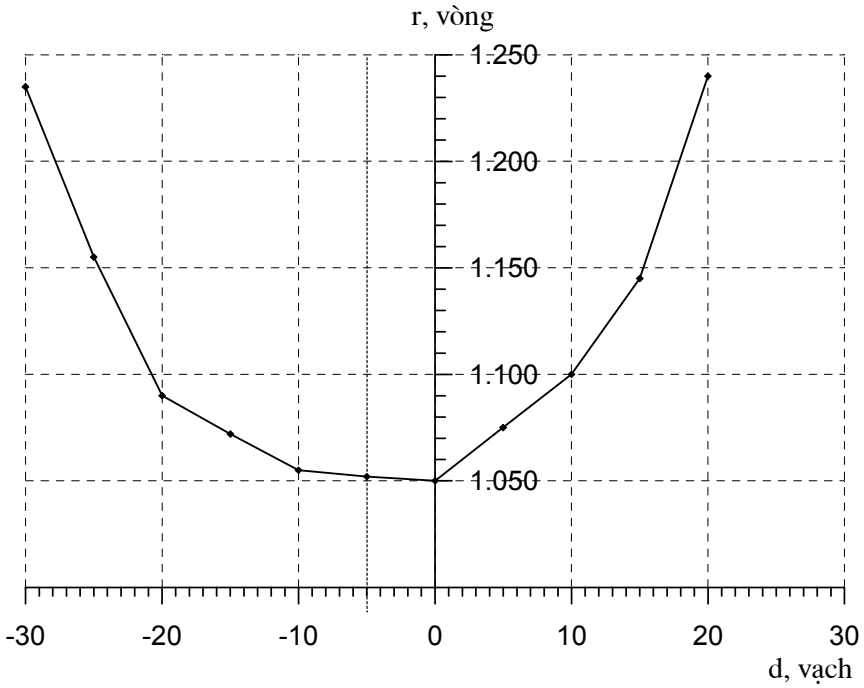
- **Kiểm tra và căn chỉnh trục của ống bọt nước hình trụ song song với trục con lắc**

Đưa cả hai bọt nước của máy trọng lực về vị trí giữa, lấy số đọc theo thang chia của ốc cân bằng d_0 (để thuận tiện dùng ốc bên phải người quan sát) và theo thang chia của ốc đọc số r_0. Nghiêng thiết bị chuẩn máy về vị trí "ống kính ở bên trái" (vặn ốc cân bằng theo chiều kim đồng hồ) đi 5 vạch, lấy số đọc theo thang chia của ốc cân bằng d_1^+, còn theo thang chia của ốc đọc số r_1^+. Nghiêng thiết bị chuẩn máy về hướng ngược lại, vị trí "ống kính ở bên phải" đi 5 vạch, lấy số đọc theo thang chia của ốc cân bằng d_1^-, còn theo thang chia của ốc đọc số r_1^-. Tiếp tục nghiêng thiết bị chuẩn máy đi 10 vạch về mỗi phía và lấy các số đọc d_2^+, r_2^+, d_2^-, r_2^-. Việc quan sát được tiến hành cho đến khi nghiêng đi 25 - 30 vạch.

Ví dụ, xác định mối quan hệ giữa số đọc của máy trọng lực với góc nghiêng trong mặt phẳng dao động của con lắc được trình bày ở dưới đây.

Số đọc theo ốc cân bằng (vạch)		**Số đọc theo ốc đọc số (vòng)**	
d+	**d-**	**r+**	**r-**
0	0	1,050	1,050
5	-5	1,075	1,052
10	-10	1,100	1,055
15	-15	1,145	1,072
20	-20	1,240	1,090
25	-25		1,155
30	-30		1,235

Vẽ đồ thị biểu diễn mối liên quan giữa r và d. Xác định trục đối xứng của đường đồ thị, xác định số đọc tương ứng với trục đối xứng $d_0' = d_0 + \Delta d$. Thiết lập trục của ống bọt nước hình trụ song song với trục con lắc thực hiện như sau: Thiết lập số đọc d_0' theo vạch chia của ốc cân bằng của thiết bị chuẩn, dùng ốc vi chỉnh đưa bọt nước của máy trọng lực về vị trí giữa. Sau đó dùng ốc cân bằng của thiết bị chuẩn đưa bọt nước của nó về vị trí giữa. Nới lỏng các chốt hãm và dùng các ốc cân bằng đưa bọt nước của máy trọng lực về vị trí cân bằng, vặn chặt các chốt hãm sau đó tiến hành kiểm tra lại. Việc kiểm tra được coi là hoàn thành khi kiểm tra lại Δd nhỏ hơn 1.5 vạch (khoảng 20").



d_o' = 0 + (-5) = - 5 vạch

- **Kiểm tra và căn chỉnh trục của ống bọt nước hình trụ song song với trục quay của con lắc**

Việc kiểm tra được thực hiện tương tự như mục trên, trừ việc nghiêng máy trọng lực được thực hiện nhờ nghiêng khung quay của thiết bị chuẩn, còn góc nghiêng được đo bằng bộ phận đo góc của thiết bị chuẩn.

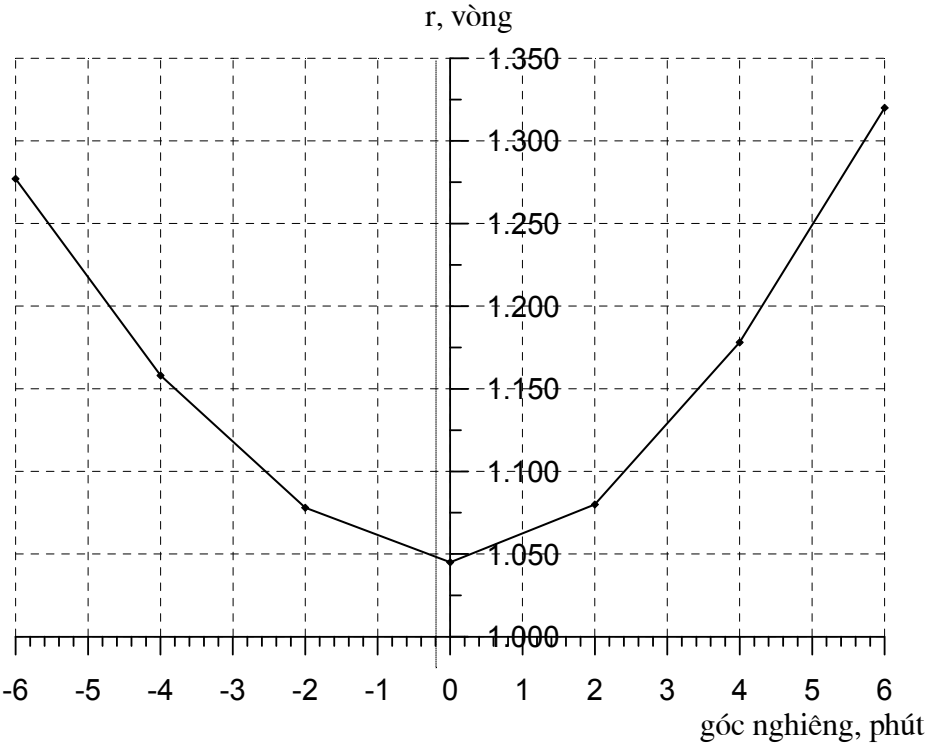
Ví dụ xác định quan hệ giữa số đọc của máy trọng lực với góc nghiêng trong mặt phẳng chứa trục quay của con lắc được trình bày ở bảng dưới đây.

Số đọc theo thiết bị đo góc nghiêng		**Số đọc theo ốc đọc số (vòng)**	
β+	**β-**	**r+**	**r-**
87°42'32"	87°42'32"	1,045	1,045
87°44'32"	87°40'32"	1,080	1,078
87°46'32"	87°38'32"	1,178	1,158
87°48'32"	87°36'32"	1,320	1,277

Vẽ đồ thị biểu diễn mối liên quan giữa số đọc r của máy trọng lực và góc nghiêng β trong mặt phẳng chứa trục quay của con lắc (xem ở dưới đây). Xác định trục đối xứng của đường đồ thị, tính số đọc bộ phận đo góc, tương ứng với trục đối

xứng, đó là $\beta = \beta_1 + \Delta\beta$, trong đó Δβ - số hiệu chỉnh, được xác định bằng phương pháp đồ thị.

Dùng ốc vi chỉnh làm nghiêng khung quay của thiết bị chuẩn, thiết lập số đọc r bằng bộ phận đo góc. Đưa các bọt nước về vị trí giữa nhờ các ốc vi chỉnh. Tiến hành kiểm tra lại, nếu khi kiểm tra lại Δβ nhỏ hơn 20" thì việc căn chỉnh đạt yêu cầu, nếu chưa đạt thì làm lại việc căn chỉnh cho đến khi đạt mới thôi.



Δβ=1/5'=12"

- Kiểm tra và căn chỉnh trục quay con lắc của máy trọng lực vuông góc với trục quay của khung quay trên thiết bị chuẩn

Thiết lập số đọc trên thang chia của ốc đọc số bằng 14 - 15 vòng.Tiếp theo xác định độ nhạy của con lắc với góc nghiêng trong các vị trí "ống kính về phía trong" và "ống kính về phía ngoài". Dùng ốc vi chỉnh của thiết bị chuẩn làm nghiêng khung quay của thiết bị chuẩn theo hướng "ống kính về phía trong" với máy trọng lực được lắp đặt trên đó, sao cho vạch chỉ thị con lắc chập với một trong những vạch đầu cùng của thang chia trường nhìn ống kính của máy trọng lực (ví dụ, $n_1 = +30$). Ghi số đọc theo thang chia và theo bộ phận đo góc β_1^+. Dùng ốc vi chỉnh của thiết bị chuẩn làm nghiêng khung quay của thiết bị chuẩn sao cho vạch chỉ thị con lắc chập với vạch đầu cùng còn lại của thang chia $n_2 = -30$. Ghi số đọc theo thang chia và theo bộ phận đo góc β_2^+. Độ nhạy của con lắc với góc nghiêng tính toán theo công thức

$$C^{+} = \frac{\left(\beta_1^{+} - \beta_2^{+}\right)}{\left(n_1 - n_2\right)}.$$

Sau đó làm nghiêng khung quay về hướng ngược lại ("ống kính về phía ngoài") và tiến hành các đo đạc tương tự để xác định C^{-}

$$C^{-} = \frac{\left(\beta_1^{-} - \beta_2^{-}\right)}{\left(n_1 - n_2\right)}.$$

Xác định đại lượng $\Delta C = C^{+} - C^{-}$. Sự chênh lệch tương đối $\frac{\Delta C}{C^{\pm}}$ không được vượt quá 3 ÷ 5%. Trong trường hợp, khi giá trị chênh lệch tương đối vượt quá giới hạn cho phép, việc kiểm tra được làm lại nhưng máy trọng lực được quay trước tiên trên khung quay xung quanh trục thẳng đứng. Tiếp theo tiến hành theo cách sau: dùng vít vi chỉnh của thiết bị chuẩn đưa bọt nước, song song với trục quay con lắc, về vị trí cân bằng (đồng thời bọt nước còn lại cũng phải cân bằng), nới các chốt hãm của cốc đựng máy và quay cốc chứa hệ thống nhạy xung quanh trục thẳng đứng; bắt các chốt hãm sao cho cả hai bọt nước đều cân bằng. Hướng quay cốc xung quanh trục thẳng đứng phụ thuộc vào đại lượng C^{+}, C^{-} và hướng con lắc của máy trọng lực.

- **Xác định độ nhạy của máy trọng lực (giá trị vạch chia của trường nhìn ống kính)**

Ví dụ, xác định độ nhạy của con lắc với góc nghiêng được trình bày ở bảng dưới đây.

Vị trí máy trọng lực	Số đọc β		$C = \frac{\beta_1 - \beta_2}{n_1 - n_2}$	$\Delta C = C^{+} - C^{-}$	$\frac{\Delta C}{C}$
	$n_1 = +30$	$n_2 = -30$			
	$\frac{\beta_1^{+}}{\beta_1^{-}}$	$\frac{\beta_2^{+}}{\beta_2^{-}}$	Giây/vạch	Giây/vạch	
Gần đúng I, số đọc theo bàn độ ngang $+0^{o}.8$					
Ống kính về phía trong	$07^{o}44'07"$	$07^{o}42'01"$	2,10"	1,28"	38%
Ống kính về phía ngoài	$08^{o}57'35"$	$09^{o}00'58"$	3,38"		
Gần đúng II, số đọc theo bàn độ ngang $+2^{o}.8$					
Ống kính về phía trong	$07^{o}36'40"$	$07^{o}33'38"$	3,03"	0,07"	2%
Ống kính về phía ngoài	$09^{o}03'55"$	$09^{o}00'57"$	2,97"		
	$\nu = 0^{0}43'38"$	$\nu = 0^{0}43'40"$	$C''_{tb} = 3,00"$		

Theo kết quả quan sát ghi trong bảng trên (gần đúng II) chúng ta tính được góc nghiêng của máy trọng lực

$$\nu = \frac{\left(\beta_1^+ - \beta_1^-\right)}{2} = \frac{\left(\beta_2^+ - \beta_2^-\right)}{2} = 0^0 43'38''$$

và

$$C_{tb}'' = \frac{\left(C^+ + C^-\right)}{2} = \frac{3{,}03 + 2{,}97}{2} = 3{,}00''.$$

Chỉ cần xác định góc ν với độ chính xác đến vài giây. Từ kết quả chuẩn bằng phương pháp nghiêng tìm giá trị P.P. (giá trị mGal của một giây) ứng với góc đã cho. Trong trường hợp cụ thể này P.P. = 0,060 mGal, độ nhạy sẽ bằng C = C_{tb}" x P.P. = 3,00 x 0,060 = 0,180 mGal/vạch (thang chia trường nhìn).

c) Xác định hằng số của máy trọng lực trên thiết bị chuẩn

Sai số tương đối xác định hằng số máy trọng lực cần tuân theo quy định. Việc xác định hằng số máy phải thực hiện ít nhất ba lần. Mỗi lần xác định hằng số máy bao gồm các bước sau:

Bước 1: Cân bằng máy trọng lực và lấy số đọc theo ốc đọc số r_0';

Bước 2: Đặt số đọc nhỏ nhất (chẵn vòng) cho ốc đọc số của máy trọng lực r_1^+. Dùng ốc vi chỉnh của thiết bị chuẩn làm nghiêng khung quay của nó theo hướng "ống kính về phía trong" đến khi vạch chỉ thị con lắc chập vào vạch "0" trên thang trường nhìn ống kính. Đọc góc nghiêng $\beta_1'^+$. Lặp lại thao tác này, nhưng quay ốc đọc số 0,05 - 0,1 vạch, ngược chiều kim đồng hồ và lại đặt vào số đọc cũ r_1^+; dùng ốc vi chỉnh của thiết bị chuẩn xoay nó ngược chiều kim đồng hồ, di chuyển vạch chỉ con lắc và lại chập nó với vạch "0". Lấy số đọc góc nghiêng $\beta_1''^+$;

Bước 3: Đặt số đọc mới r_2^+ của ốc đọc số máy trọng lực và thực hiện thao tác như đã nêu ở bước 2. Hai lần lấy số đọc góc nghiêng β_2^+ ($\beta_2'^+$ và $\beta_2''^+$);

Bước 4: Lần lượt đặt các số đọc $r_3^+, r_4^+, \ldots, r_{max}^+$ và ứng với mỗi số đọc lại thực hiện thao tác như đã nêu ở bước 2. Lấy số đọc góc nghiêng tương ứng $\beta_3^+, \beta_4^+, \ldots, \beta_{max}^+$;

Bước 5: Đến lần quan sát cuối cùng, không thay đổi số đọc của máy trọng lực, làm nghiêng khung quay thiết bị chuẩn về vị trí "ống kính về phía ngoài" cho đến khi vạch chỉ con lắc chập vạch "0". Lấy số đọc góc nghiêng β_{max}^-. Để kiểm tra, ta tính vị trí nằm ngang theo công thức

$$\beta_{nnmax}^- = \frac{\beta_{max}^+ + \beta_{max}^-}{2}.$$

Bước 6: Lần lượt đặt các số đọc..., $r_4^-, r_3^-, r_2^-, r_1^-$ theo ốc đọc số và ứng với mỗi số đọc lại thực hiện thao tác như bước 2 để lấy các số đọc góc nghiêng tương ứng $\beta_4^-, \beta_3^-, \beta_2^-, \beta_1^-$. ứng với mỗi giá trị r_i tính β_{nni}. Sự khác nhau giữa các giá trị β_{nni} tính được cho mỗi lần đo không được vượt quá 3 giây.

Bước 7: Dùng ốc vi chỉnh của thiết bị chuẩn thiết lập số đọc β_{nn}. Lấy số đọc theo ốc đọc số r_0''. Số đọc r_i thường thực hiện với bước đi là một vòng.

Ví dụ về việc quan sát và tính toán được trình bày trong bảng dưới đây.

Kết quả xác định hằng số C của máy trọng lực

Số đọc r_i	Số đọc góc nghiêng của thiết bị chuẩn					g_i^r	Giá trị gần đúng $C_i' = g_{i+1}^r - g_i^r$	$P.P_{i+1} = \frac{C_{i+1}}{\nu_{i+1} - \nu_i}$
	β_i^+	β_i^-	$\beta_{NN} = \frac{\beta^+ + \beta^-}{2}$	$2\nu_i = \beta^+ - \beta^-$	$\nu_i = \frac{\beta^+ - \beta^-}{2}$			
vòng	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	mGal	mGal/vòng	mGal/S
0,975								
2,000	5 36 36,4	5 09 52,9						
	5 36 36,5	5 09 53,5						
TB	**5 36** **36,5**	**5 09** **53,2**	5 23 14,8	0 26 43,2	0 13 21,6	-7,412		
3,000	5 41 55,1	5 04 34,1						
	5 41 55,4	5 04 33,2						
TB	**5 41** **55,3**	**5 04** **33,7**	5 23 14,4	0 37 21,6	0 18 40,8	-14,491	-7,079	-0,022
4,000	5 46 03,4	5 00 28,3						
	5 46 03,1	5 00 29,1						
TB	**5 46** **03,3**	**5 00** **28,7**	5 23 16,0	0 45 34,5	0 22 47,3	-21,565	-7,074	-0,029

Số đọc r_i	Số đọc góc nghiêng của thiết bị chuẩn					g_i^r	Giá trị gần đúng $C_i'=g_{i+1}^r-g_i^r$	$P.P_{i+1}=\frac{C_{i+1}}{v_{i+1}-v_i}$
	β_i^+	β_i^-	$\beta_{NN}=\frac{\beta^+ +\beta^-}{2}$	$2v_i=\beta^+ -\beta^-$	$v_i=\frac{\beta^+ -\beta^-}{2}$			
vòng	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	mGal	mGal/vòng	mGal/S
5,000	5 49 33,2	4 56 59,3						
	5 49 33,0	4 56 59,2						
TB	**5 49** **33,1**	**4 56** **59,3**	5 23 16,2	0 52 33,8	0 26 16,9	-28,683	-7,118	-0,034
6,000	5 52 38,4	4 53 54,6						
	5 52 38,1	4 53 54,0						
TB	**5 52** **38,3**	**4 53** **54,3**	5 23 16,3	0 58 44,0	0 29 22,0	-35,803	-7,120	-0,038
7,000	5 55 25,2	4 51 05,4						
	5 55 25,6	4 51 04,7						
TB	**5 55** **25,4**	**4 51** **05,1**	5 23 15,2	1 04 20,4	0 32 10, 2	-42,977	-7,174	-0,043
8,000	5 57 59,3	4 48 32,4						
	5 57 59,2	4 48 32,0						
TB	**5 57** **59,3**	**4 48** **32,2**	5 23 15,7	1 09 27,0	0 34 43,5	-50,050	-7,073	-0,046
9,000	6 00 22,2	4 46 09,6						
	6 00 22,6	4 46 10 0						
TB	**6 00** **22,4**	**4 46** **09,8**	5 23 16,1	1 14 12,6	0 37 06,3	-57,173	-7,123	-0,050

Số đọc r_i	Số đọc góc nghiêng của thiết bị chuẩn					g_i^r	Giá trị gần đúng $C_i' = g_{i+1}^r - g_i^r$	$P.P_{i+1} = \frac{C_{i+1}}{\nu_{i+1} - \nu_i}$
	β_i^+	β_i^-	$\beta_{NN} = \frac{\beta^+ + \beta^-}{2}$	$2\nu_i = \beta^+ - \beta^-$	$\nu_i = \frac{\beta^+ - \beta^-}{2}$			
vòng	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	0 , ,,	mGal	mGal/vòng	mGal/S
10,000	6 02 37,0	4 43 56,2						
	6 02 36,4	4 43 56,4						
TB	**6 02** **36,7**	**4 43** **56,3**	5 23 16,5	1 18 40,4	0 39 20,2	-64,258	-7,085	-0,053
11,000	6 04 44,4	4 41 48,6						
	6 04 44,2	4 41 48,2						
TB	**6 04** **44,3**	**4 41** **48,4**	5 23 16,3	1 22 55,9	0 41 27,9	-71,299	-7,041	-0,055
12,000	6 06 44,9	4 39 48,1						
	6 06 44,2	4 39 48,0						
TB	**6 06** **44,6**	**4 39** **48,1**	5 23 16,3	1 26 56,5	0 43 28,3	-78,471	-7,172	-0,060
13,000	6 08 40,7	4 37 52,2						
	6 08 40,6	4 37 52,4						
TB	**6 08** **40,7**	**4 37** **52,3**	5 23 16,5	1 30 05,0	0 45 02,0	-85,655	-7,184	-0,062
14,000	6 10 32,4	4 35 58,3						
	6 10 32,7	4 35 58,7						
TB	**6 10** **32,6**	**4 35** **58,5**	5 23 15,5	1 34 03,0	0 47 02,0	-92,842	-7,187	-0,064
0,960							**-7,119**	

Việc xử lý, tính toán số liệu xác định hằng số C của máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng được thực hiện như sau:

- Từ bảng trên tính góc nghiêng $2\nu_i$ và ν_i:

$$\nu_i = (\beta_i^+ - \beta_i^-)/2;$$

- Từ bảng tính dành cho tính toán kết quả chuẩn máy bằng phương pháp nghiêng (kèm theo mỗi thiết bị chuẩn), theo đối số là ν_i chọn giá trị g_i^r ; tính giá trị kiểm tra:

$$C_i^{'} = g_{i+1}^r - g_i^r .$$

- Ở mỗi nhiệt độ tiến hành xác định ba lần giá trị hằng số C. Giá trị C = C' + ΔC, còn số cải chính ΔC được xác định theo phương pháp bình phương nhỏ nhất. Ví dụ tính số cải chính ΔC (ở nhiệt độ 15^0C) được trình bày ở bảng dưới đây.

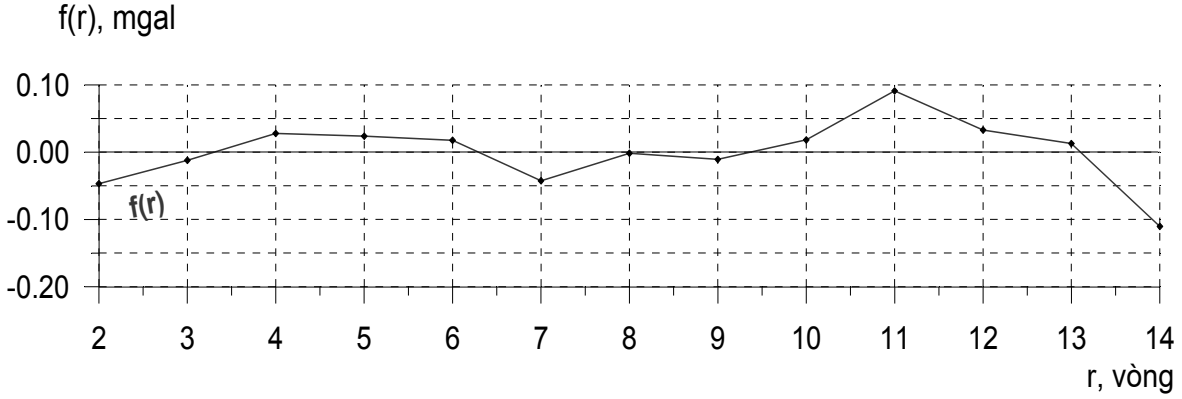
STT	r_i	g_i^r	$a_i = r_{tb} - r_i$	$l_i^{'} = (g_i^r)_{tb} - g_i^r$	C'.a_i	$l_i^{''} = l_i^{'} - C^{'}.a_i$	$a_i.a_i$	$a_i.\, l_i^{''}$	$\Delta C.a_i$	$f(r_i) = \Delta C.a_i - l_i^{''}$
1	2,0	-7,412	6,0	-42,636	-42,714	0,078	36,0	0,466	0,031	-0,047
2	3,0	-14,491	5,0	-35,557	-35,595	0,038	25,0	0,188	0,026	-0,012
3	4,0	-21,565	4,0	-28,483	-28,476	-0,007	16,0	-0,030	0,020	0,028
4	5,0	-28,683	3,0	-21,365	-21,357	-0,008	9,0	-0,025	0,015	0,024
5	6,0	-35,803	2,0	-14,245	-14,238	-0,007	4,0	-0,015	0,010	0,018
6	7,0	-42,977	1,0	-7,071	-7,119	-0.048	1,0	0,048	0,005	-0,043
7	8,0	-50,050	0,0	0,002	0,000	0,002	0,0	0,000	0,000	-0,002
8	9,0	-57,173	-1,0	7,125	7,119	0,006	1,0	-0,006	-0,005	-0,011
9	10,0	-64,258	-2,0	14,210	14,238	-0,028	4,0	0,057	-0,010	0,018
10	11,0	-71,299	-3,0	21,251	21,357	-0,106	9,0	0,319	-0,015	0,091
11	12,0	-78,471	-4,0	28,423	28,476	-0,053	16,0	0,214	-0,020	0,033
12	13,0	-85,605	-5,0	35,557	35,595	-0,038	25,0	0,192	-0,026	0,013
13	14,0	-92,842	-6,0	42,794	42,714	0,080	36,0	-0,478	-0,031	-0,110
Σ	104,0	-650,629	0,0	0,000	0,000	0,000	182,0	0,930	0,000	0,000
TB	8,0	-50,048	C' = -7,119 mGal/vòng ΔC = [al'']/[aa] = 0,005 C = C' + ΔC = -7,114 mGal/vòng							

- Lập bảng tổng hợp giá trị hiệu chỉnh thang đo cho nhóm (xem ví dụ trong bảng dưới đây ở nhiệt độ 15^0C).

Số đọc r	**Lần đo, i**	**Số hiệu chỉnh thang**		**$\delta f(r) = f(r_{tb}) - f(r_i)$**	**$(\delta f(r))^2$**	**$m_{f(r)}$**
		$f(r_i)$	**$f(r_{tb})$**			
vòng		mGal	mGal	mGal	$mGal^2$	mGal
	1	-0,047		0,022	0,00048	
2,000	2	-0,017	-0,025	-0,008	0,00006	0,011
	3	-0,011		-0,014	0,00020	
	1	-0,012		0,020	0,00039	
3,000	2	0,020	0,008	-0,012	0,00015	0,010
	3	0,015		-0,007	0,00005	
	1	0,028		0,006	0,00003	
4,000	2	0,030	0,034	0,004	0,00001	0,005
	3	0,043		-0,009	0,00009	
	1	0,024		-0,010	0,00010	
5,000	2	0,017	0,014	-0,003	0,00001	0,007
	3	0,000		0,014	0,00018	
	1	0,018		0,006	0,00004	
6,000	2	0,039	0,024	-0,015	0,00023	0,008
	3	0,015		0,009	0,00008	
	1	-0,043		0,035	0,00123	
7,000	2	0,015	-0,008	-0,023	0,00051	0,018
	3	0,005		-0,013	0,00016	
	1	-0,002		0,009	0,00009	
8,000	2	0,023	0,008	-0,015	0,00023	0,008
	3	0,002		0,006	0,00003	
	1	-0,011		0,001	0,00000	
9,000	2	-0,001	-0,010	-0,009	0,00007	0,005
	3	-0,017		0,007	0,00006	

Số đọc r	Lần đo, i	Số hiệu chỉnh thang		$\delta f(r) = f(r_{tb}) - f(r_i)$	$(\delta f(r))^2$	$m_{f(r)}$
		$f(r_i)$	$f(r_{tb})$			
	1	0,018		-0,022	0,00050	
10,000	2	-0,010	-0,004	0,006	0,00003	0,012
	3	-0,021		0,017	0,00028	
	1	0,091		-0,042	0,00174	
11,000	2	0,020	0,049	0,029	0,00086	0,021
	3	0,037		0,012	0,00015	
	1	0,033		-0,026	0,00067	
12,000	2	-0,010	0,007	0,017	0,00029	0,013
	3	-0,002		0,009	0,00008	
	1	0,013		0,013	0,00018	
13,000	2	0,027	0,026	-0,001	0,00000	0,008
	3	0,039		-0,013	0,00016	
	1	-0,110		-0,010	0,00011	
14,000	2	-0,147	-0,121	0,026	0,00069	0,013
	3	-0,105		-0,016	0,00025	
Σ			**0,002**		**0,01049**	
TB						**0,011**

- Dựng đồ thị biểu diễn giá trị hiệu chỉnh độ phi tuyến thang chia vạch của ốc đọc số máy trọng lực (xem hình dưới đây).



Đồ thị mối liên quan giữa sai số thang chia với số đọc của máy trọng lực f(r) - giá trị hiệu chỉnh thang đo, tính bằng mGal, r - số đọc theo thang chia của ốc đọc số máy trọng lực, tính bằng vòng.

- Lập bảng tổng hợp giá trị hằng số C cho tất cả các nhóm (ví dụ được trình bày ở bảng dưới đây)

Các nhóm nhiệt độ: 15^{o}C, 25^{o}C, 35^{o}C

Nhóm	Lần đo số	Ngày tháng	Nhiệt độ, ^{o}C	C (mGal/vòng)	m_C (mGal/vòng)	$\frac{m_C 10^4}{C}$
I	1	23/05	15,0	-7,1139		
	2	23/05	15,0	-7,1122		
	3	23/05	15,0	-7,1094		
		TB	**15,0**	**-7,1118**	**0,0013**	**1,8**
II	1	25/05	25,0	-7,1222		
	2	25/05	25,0	-7,1232		
	3	25/05	25,0	-7,1208		
		TB	**25,0**	**-7,1221**	**0,0007**	**1,0**
III	1	27/05	35,0	-7,1350		
	2	27/05	35,0	-7,1328		
	3	27/05	35,0	-7,1330		
		TB	**35,0**	**-7,1336**	**0,0007**	**1,0**

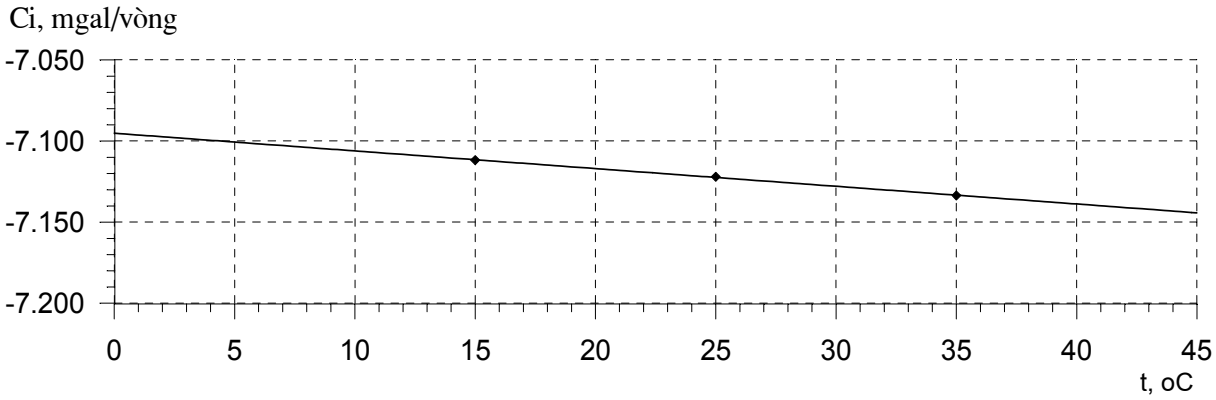
- Xác định sự phụ thuộc của hằng số máy vào nhiệt độ

Việc xác định sự phụ thuộc của hằng số máy trọng lực vào nhiệt độ bằng phương pháp nghiêng phải được thực hiện ở ít nhất ba mức nhiệt độ khác nhau. Nhiệt độ chuẩn máy chọn sao cho có thể bao trùm dải nhiệt độ dự kiến trong vùng đo đạc ngoại nghiệp sắp tới. Quan sát được thực hiện trong phòng điều nhiệt. Tại mỗi mức nhiệt độ thực hiện ít nhất ba lần đo. Tất cả số đọc tại một chế độ nhiệt độ được lấy trên cùng những vạch chia của ốc đọc số. Lập bảng tổng hợp các giá trị hằng số được xác định tại những nhiệt độ khác nhau (xem ví dụ ở bảng dưới đây).

Các nhóm nhiệt độ: 15°C, 25°C, 35°C

Nhóm	Nhiệt độ °C	C (mGal/vòng)	Δt °C	ΔC (mGal/vòng)	ΔC/Δt trên 1°C	$\frac{\Delta C \times 10^4}{\Delta t \times C}$
I	15,0	-7,1118				
			10,0	-0,0103	-0,00102	1,44
II	25,0	-7,1221				
			10,0	-0,0115	-0,00115	1,62
III	35,0	-7,1336				
Σ			20,0	-0,0218		
TB		-7,1225			-0,00109	1,53

- Dựng biểu đồ sự phụ thuộc của hằng số máy vào nhiệt độ



Đồ thị mối liên quan giữa giá trị vạch chia ốc đọc số
của máy trọng lực GNU-KV tới nhiệt độ

11. Xác định giá trị vạch chia ốc đọc số (hằng số C) của máy trọng lực trên đường đáy

Xác định hằng số C của các máy trọng lực GNU-KV và Z400 trên đường đáy được thực hiện sau khi kết thúc công tác kiểm tra, kiểm nghiệm trong phòng và sau khi xác định hằng số C bằng phương pháp nghiêng trong phòng kiểm nghiệm. Mục đích của việc xác định hằng số C của máy trên đường đáy là kiểm tra hoạt động của nó trong điều kiện ngoại nghiệp và khẳng định kết quả xác định hằng số C bằng phương pháp nghiêng. Công việc này tốt nhất nên kết hợp với việc tiến hành chuyến đo kiểm tra.

Trước khi bắt đầu đo trên các điểm của đường đáy máy cần:

- Lập chương trình đo trên các điểm của đường đáy sao cho, mỗi khoảng của thang đo (khoảng đầu, khoảng giữa, khoảng cuối) có thể thực hiện được cùng một số lượng giá trị quan sát, trong đó phải lường trước được số gia trọng lực quan sát nhất thiết phải lớn hơn 60 - 70 mGal.

- Đưa máy trọng lực vào trạng thái làm việc ít nhất 24 giờ trước khi bắt đầu chuyến đo.

Xác định hằng số C của máy trọng lực trên đường đáy phải thực hiện trong 3 - 4 ngày. Việc tính toán số liệu các chuyến đo được thực hiện như sau:

- Tính số đọc máy trọng lực ra mGal theo công thức:

$$g^r = C.r + f(r),$$

ở đây C, f(r) - các giá trị từ kết quả xác định hằng số C bằng phương pháp nghiêng;

Trong số đọc máy trọng lực nêu trên cần đưa vào hiệu chỉnh ảnh hưởng của biến thiên địa triều; kể cả hiệu chỉnh Honcasalo. Tính toán và đưa vào hiệu chỉnh dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực;

- Tính hiệu gia tốc lực trọng trường đo được giữa các điểm của đường đáy;

- So sánh hiệu gia tốc lực trọng trường đo được giữa các điểm của đường đáy với giá trị chuẩn của nó. Sai lệch của từng lần đo không được vượt quá 0,1 mGal, còn giá trị trung bình không được vượt quá 0,05 mGal. Nếu sai lệch của từng lần đo và giá trị trung bình vượt quá mức cho phép thì phải tiến hành làm lại việc chuẩn bằng phương pháp nghiêng và đo trên đường đáy.

Trong thực tế, ở Việt Nam chưa có điều kiện để chuẩn máy trọng lực bằng phương pháp nghiêng, nên việc chuẩn máy trọng lực chủ yếu được thực hiện trên đường đáy trọng lực quốc gia. Công việc bao gồm các bước sau:

Bước 1. Theo dõi dịch chuyển điểm "0" của máy ở trạng thái tĩnh (gọi tắt là "theo dõi tĩnh")

Việc này thực hiện từ 3 - 5 ngày để khảo sát dịch chuyển điểm "0" và độ ổn định của máy. Phương pháp tiến hành như sau:

- Đặt máy tại một điểm trong phòng (tốt nhất là tại điểm gốc hoặc điểm có chất lượng tương đương);

- Cứ 30 phút lấy số đọc và ghi vào sổ một lần bao gồm: số đọc r, thời gian h, nhiệt độ trong máy t_1 và nhiệt độ ngoài trời t_2 ;

- Vẽ đồ thị biểu diễn đặc trưng dịch chuyển điểm "0" của máy ở trạng thái tĩnh với trục đứng biểu diễn số đọc g^r, nhiệt độ trong máy t_1, nhiệt độ ngoài máy t_2 và trục ngang biểu diễn thời gian quan sát h;

- Dựa vào các kết quả theo dõi ta tính được biên độ dịch chuyển điểm "0" (B) của máy, ở trạng thái tĩnh, trong ngày đo.

Ví dụ về kết quả nghiên cứu dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái tĩnh của máy trọng lực GNU-KV được trình bày ở dưới đây.

Người đo: Đinh Xuân Mạnh **Ngày 27 tháng 02 năm 2008**

Máy: GNU-KV 70 **C= - 6,170 mGal/vòng**

STT	Thời gian đo		Nhiệt độ t_1	Nhiệt độ t_2	Số đọc r	g^r
	h m	Quy về đơn vị h	^0C	^0C	Vòng	mGal
1	6 00	6,00	26,50	25,00	4,397	-27,129
2	6 30	6,50	26,50	25,00	4,401	-27,154
3	7 00	7,00	26,50	25,00	4,393	-27,105
4	7 30	7,50	26,50	26,00	4,393	-27,105
5	8 00	8,00	26,50	26,00	4,394	-27,111
6	8 30	8,50	26,50	26,00	4,394	-27,111
7	9 00	9,00	26,50	26,00	4,392	-27,099
8	9 30	9,50	26,50	26,00	4,391	-27,092
9	10 00	10,00	27,00	26,00	4,390	-27,086
10	10 30	10,50	27,00	27,00	4,392	-27,099
11	11 00	11,00	27,00	27,00	4,391	-27,092
12	11 30	11,50	27,00	28,00	4,391	-27,092
13	12 06	12,10	27,00	28,00	4,393	-27,105
14	12 30	12,50	27,00	28,00	4,392	-27,099
15	13 00	13,00	27,00	28,00	4,390	-27,086
16	13 30	13,50	27,00	28,00	4,389	-27,080
17	14 00	14,00	27,00	28,00	4,392	-27,099
18	14 30	14,50	27,00	28,00	4,393	-27,105
19	15 00	15,00	27,00	28,00	4,394	-27,111
20	15 30	15,50	27,00	27,00	4,396	-27,123
21	16 00	16,00	27,00	27,00	4,398	-27,133

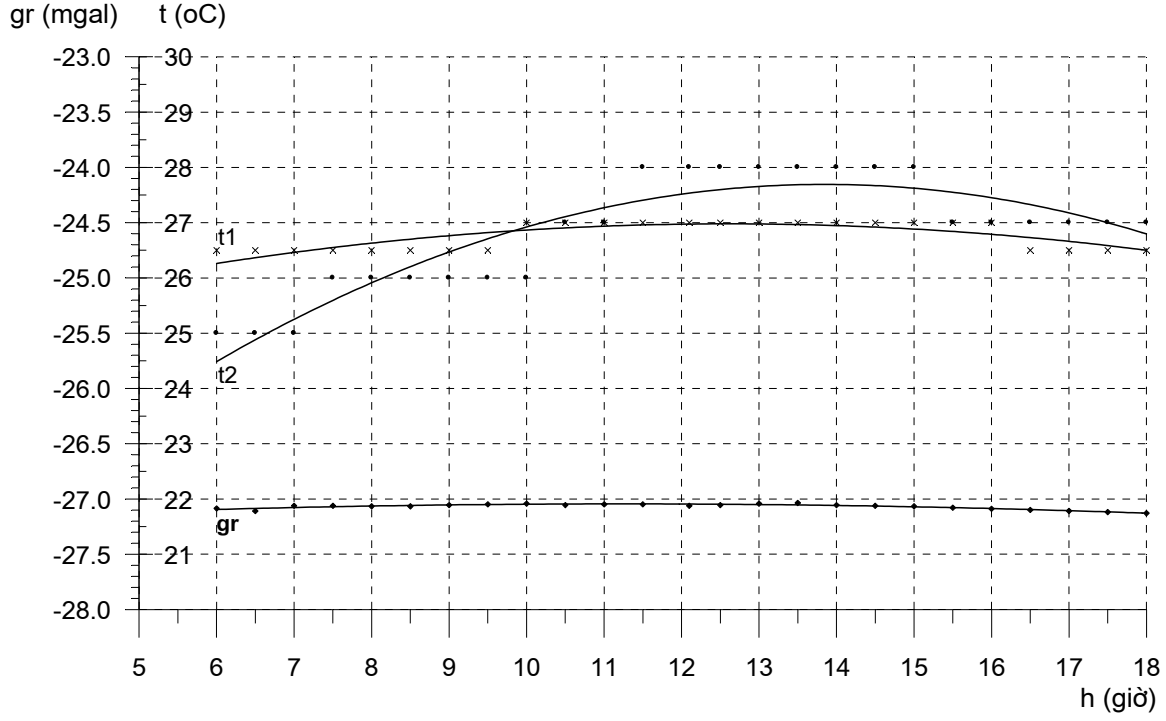
STT	Thời gian đo		Nhiệt độ t_1	Nhiệt độ t_2	Số đọc r	g^r
	h m	Quy về đơn vị h	^{0}C	^{0}C	Vòng	mGal
22	16 30	16,50	26,50	27,00	4,399	-27,143
23	17 00	17,00	26,50	27,00	4,401	-27,153
24	17 30	17,50	26,50	27,00	4,402	-27,163
25	18 00	18,00	26,50	27,00	4,404	-27,173

g_{max} = - 27,04 mGal B = g_{max} - g_{min} = 0,09 mGal

g_{min} = - 27,13 mGal δg_{xd} = 0,008 mGal/h

Ở bảng trên g^r - số đọc trong mGal, t_1 - nhiệt độ trong máy, t_2 - nhiệt độ ngoài máy. Chú ý là đối với máy trọng lực Z400 không có nhiệt kế trong, nên không có nhiệt độ trong máy t_1.

Đồ thị biểu diễn dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái tĩnh máy trọng lực GNU-KV số 70, ngày 27 tháng 02 năm 2008 được trình bày ở dưới đây.



Bước 2. Theo dõi dịch chuyển điểm "0" của máy ở trạng thái động (gọi tắt là "theo dõi động")

Để đánh giá đặc trưng dịch chuyển điểm "0" của máy giống với điều kiện đo đạc ngoại nghiệp cần tiến hành theo dõi dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái động.

Phương pháp tiến hành như sau:

- Chọn hai điểm cố định A và B, có hiệu gia tốc lực trọng trường ít nhất bằng 10 lần sai số đo của máy và cách nhau một khoảng sao cho thời gian vận chuyển giữa 2 điểm dưới 1 giờ;

- Máy được vận chuyển bằng ô tô và đo liên tục từ sáng đến tối (ít nhất từ 06h - 18h) tại 2 điểm, theo sơ đồ A - B - A - B -...- B - A;

- Tại mỗi điểm đo lấy số liệu và ghi vào sổ gồm: số đọc r, thời gian h, nhiệt độ trong máy t_1 và nhiệt độ ngoài trời t_2 ;

- Vẽ đồ thị biểu diễn đặc trưng dịch chuyển điểm "0" của máy ở trạng thái động tại mỗi điểm với trục đứng biểu diễn số đọc g_A^r (g_B^r), nhiệt độ trong máy, nhiệt độ ngoài máy và trục ngang biểu diễn thời gian quan sát (tương tự như trạng thái tĩnh). Từ đồ thị biểu diễn đặc trưng dịch chuyển điểm "0" của máy ở trạng thái động, xác định khoảng thời gian cho các chuyến đo trong ngày mà theo đó dịch chuyển điểm "0" được coi là tuyến tính.

Ví dụ về kết quả theo dõi dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái động của máy trọng lực GNU-KV được trình bày ở dưới đây.

Người đo: Đinh Xuân Mạnh **Ngày 03 tháng 3 năm 2008**

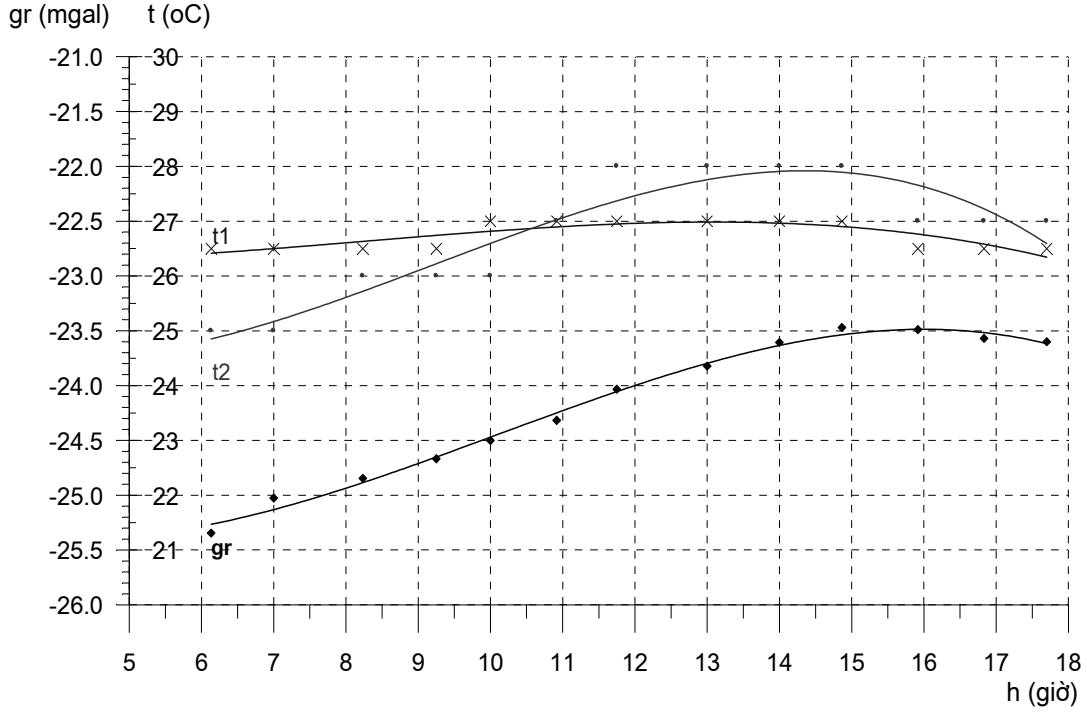
Máy: GNU-KV 70 **C= - 6,170 mGal/vòng**

Vị trí đo: điểm Mỹ Đình (A) và điểm Hoài Đức (B)

Điểm	Thời gian đo		Nhiệt độ t_1	Nhiệt độ t_2	Số đọc r	g^r
	h m	Quy về đơn vị h	^{0}C	^{0}C	Vòng	mGal
A	6 08	6,13	26,5	25,0	4,108	-25,346
B	6 38	6,63	26,5	25,0	2,650	-16,351
A	7 00	7,00	26,5	25,0	4,056	-25,026
B	7 41	7,68	26,5	25,0	2,626	-16,202
A	8 14	8,23	26,5	26,0	4,027	-24,847
B	8 50	8,83	26,5	26,0	2,600	-16,042
A	9 15	9,25	26,5	26,0	3,998	-24,668
B	9 35	9,58	26,5	26,0	2,561	-15,801
A	10 00	10,00	27,0	26,0	3,971	-24,501
B	10 32	10,53	27,0	26,0	2,492	-15,376
A	10 55	10,92	27,0	27,0	3,941	-24,316

Điểm	Thời gian đo		Nhiệt độ t_1	Nhiệt độ t_2	Số đọc r	g^r
	h m	Quy về đơn vị h	^{0}C	^{0}C	Vòng	mGal
B	11 21	11,35	27,0	27,0	2,471	-15,246
A	11 45	11,75	27,0	28,0	3,985	-24,587
B	12 35	12,58	27,0	28,0	2,466	-15,215
A	13 00	13,00	27,0	28,0	3,861	-23,822
B	13 36	13,60	27,0	28,0	2,427	-14,975
A	14 00	14,00	27,0	28,0	3,826	-23,606
B	14 27	14,45	27,0	28,0	2,378	-14,672
A	14 52	14,87	27,0	28,0	3,804	-23,471
B	15 16	15,27	26,5	27,0	2,373	-14,641
A	15 55	15,92	26,5	27,0	3,807	-23,489
B	16 23	16,38	26,5	27,0	2,393	-14,765
A	16 50	16,83	26,5	27,0	3,820	-23,569
B	17 15	17,25	26,5	27,0	2,371	-14,629
A	17 42	17,70	26,5	27,0	3,825	-23,600

Đồ thị biểu diễn dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái động tại điểm A máy trọng lực GNU-KV70, ngày 03.3.2008 được trình bày ở dưới đây.



Bước 3. Chuẩn máy trọng lực trên đường đáy quốc gia

Sau khi thực hiện các bước 1 và 2 nêu trên cần tiến hành thực hiện việc chuẩn máy trọng lực trên đường đáy với các công việc sau:

- Lập chương trình đo trên các điểm của đường đáy sao cho mỗi khoảng của thang đo (khoảng đầu, khoảng giữa, khoảng cuối) có thể thực hiện được cùng một số lượng giá trị quan sát, trong đó phải xác định trước được hiệu gia tốc lực trọng trường quan sát nhất thiết phải lớn hơn 60 - 70 mGal;

- Đưa máy trọng lực vào trạng thái làm việc ít nhất 24 giờ trước khi bắt đầu chuyến đo. Đo đạc tại mỗi điểm trên đường đáy, số liệu quan sát được ghi vào sổ theo mẫu quy định;

- Hằng số C là giá trị trung bình của ít nhất 50 giá trị C_i. Việc tính toán số liệu các chuyến đo được thực hiện như sau:

• Tính toán và đưa vào hiệu chỉnh dịch chuyển điểm "0" của máy trọng lực thông qua số đọc;

• Tính số gia số đọc cho mỗi cạnh chuẩn đã đo;

• Tính giá trị vạch trên thang chia của ốc đọc số theo công thức:

$$C_i = \frac{\Delta g_i}{\Delta r_i},$$

ở đây C_i - giá trị 1 vạch chia trên thang số đọc (tương ứng với 1 vòng của ốc đọc số) ở vòng đo thứ i (i = 1, 2,..., n), thêm vào đó đại lượng n ít nhất bằng 50 và đại lượng C_i có đơn vị mGal/vòng; Δg_i - hiệu gia tốc lực trọng trường của cạnh đáy tương ứng; Δr_i - số gia số đọc ở vòng đo thứ i trên cạnh đáy tương ứng;

Xác định giá trị của hằng số C như giá trị trung bình của các giá trị C_i được xác định ở trên:

$$C = \overline{C} = \frac{\sum C_i}{n},$$

độ chính xác xác định hằng số C được đánh giá bằng sai số tương đối theo công thức:

$$\delta_c = \frac{m_c}{C} \quad \%,$$

ở đây m_c - sai số trung phương xác định hằng số C được tính theo công thức

$$m_c = \pm\sqrt{\frac{\sum (C_i - \overline{C})^2}{n.(n-1)}}.$$

Ví dụ về kết quả tính số liệu chuẩn máy trọng lực cho 1 vòng đo được trình bày ở dưới đây.

Tuyến đo: Đường đáy Tam Đảo **Người đo: Lê Anh Tới**

Máy đo: GNU-KV70 **Ngày 11 tháng 3 năm 2008**

Tên điểm	Thời gian đo		Δh	Số đọc r'	Dịch chuyển điểm "0" δg_{xd}	$r = r' - r_0$	Số gia số đọc Δr_i	Giá trị chuẩn Δg_i	Giá trị vòng đọc số C_i
	h m	Quy về đơn vị h	Quy về đơn vị h	Vòng	Vòng/h	Vòng	Vòng	mGal	mGal/vòng
ĐII	8 14	8,233		0,674	0,000	0,674			
ĐIII	8 23	8,383	0,150	5.119	0,008	5,111	4,437	-27,439	-6,1842
ĐIV	8 40	8,667	0,433	11,128	0,023	11,105	10,431	-64,378	-6,1720
ĐIII	8 49	8,817	0,583	5,145	0,031	5,114	4,440	-27,439	-6,1806
ĐII	9 03	9,050	0,817	0,718	0,044	0,674	0,000		
ĐIII	8 23	8,383		5,119	0,000	5,119			
ĐIV	8 40	8,667	0,283	11,128	0,017	11,111	5,992	-36,939	-6,1647
ĐIII	8 49	8,817	0,433	5,145	0,026	5,119	0,000		
ĐIV	8 40	8,667		11,128	0,000	11,128			
ĐIII	8 49	8,817	0,150	5,145	0,007	5,138	-5,990	36,939	-6,1668
ĐII	9 03	9,050	0,383	0,718	0,018	0,700	-10,428	64,378	-6,1737
ĐIII	9 10	9,167	0,500	5,161	0,023	5,138	-5,990	36,939	-6,1666
ĐIV	9 28	9,467	0,800	11,165	0,037	11,128	0,000		
ĐIII	8 49	8,817		5,145	0,000	5,145			
ĐII	9 03	9,050	0,233	0,718	0,011	0,707	-4,438	27,439	-6,1832
ĐIII	9 10	9,167	0,350	5,161	0,016	5,145	0,000		

Với mục đích đảm bảo xác định tin cậy hằng số C cần phải đo trong vài ba ngày để chọn được ít nhất 50 giá trị C_i.

12. Xác định giới hạn đo khi không điều chỉnh dải đo

Trước khi bắt đầu công tác ngoại nghiệp phải xác định giới hạn đo của máy trọng lực khi không điều chỉnh dải đo. Công việc này được thực hiện như sau:

- Đặt máy trọng lực lên điểm đo đã biết giá trị trọng lực g_0;

- Tiến hành đo và lấy số đọc r_0 theo ốc đọc số;

- Xác định số vòng nhỏ nhất (r_{min}) và số vòng lớn nhất (r_{max}) của ốc đọc số;

- Xác định giới hạn đo của máy trọng lực khi không điều chỉnh dải đo với lưu ý không thực hiện đo đạc tại các vòng đầu cùng của ốc đọc số (khoảng đo được xác định trong giới hạn từ 1 đến 14 vòng) theo công thức:

$$d = C.(r_{max} - r_{min}),$$

ở đây C - hằng số của máy tính bằng mGal/vòng.

13. Xác định sai số trung phương một lần đo hiệu gia tốc lực trọng trường

Việc đo đạc được thực hiện tại điểm trọng lực có điều kiện tương tự hoặc gần với điều kiện ngoại nghiệp. Sau khi thực hiện kiểm tra khác và cân bằng máy trọng lực, tiến hành đo đạc bằng máy trọng lực tại một điểm. Khoảng thời gian giữa các lần đo đạc tại điểm lựa chọn tương ứng với công việc ngoại nghiệp dự kiến (nên chọn 0,5 - 1,0 giờ). Trong những khoảng thời gian này, máy trọng lực được đặt trên ô tô và vận chuyển trong điều kiện tương tự điều kiện ngoại nghiệp. Thời gian của chuyến đo không ít hơn 4 tiếng. Mỗi lần đo tại điểm phải lấy ít nhất 3 số đọc. Các số đọc này không được lệch nhau quá 0,005 vòng của ốc đọc số.

Các đo đạc phải được tiến hành trên các phần khác nhau của thang đo (ốc đọc số). Ví dụ thực hiện 2 chuyến đo tại mỗi khoảng 3 - 5, 7 - 8, 12 - 14 trên thang đo của máy trọng lực. Việc đo đạc được thực hiện trong các ngày khác nhau. Tổng số thời gian cần cho thực hiện việc này khoảng 5 ngày. Tất cả các số đọc được chuyển ra mGal theo công thức:

$$g^r = C.r.$$

Tính hiệu chỉnh ảnh hưởng của địa triều và của dịch chuyển điểm "0" vào số đọc. Do đo tại 1 điểm nên không cần tính hiệu chỉnh độ phi tuyến của thang đo.

Sai số trung phương một lần đo của hiệu gia tốc lực trọng trường được tính theo công thức

$$m = \pm\sqrt{\frac{\sum (\delta g_i^r)^2}{n-1}},$$

ở đây δg_i^r - độ lệch của các giá trị đo so với giá trị trung bình; n - số giá trị đo.

14. Xác định hệ số áp suất

Người đo cùng máy trọng lực ở trong phòng điều áp. Lấy số đọc $r_B^{'}$ của máy trọng lực trong điều kiện áp suất không khí bình thường B. Giảm áp suất trong phòng điều áp xuống B_1 (khoảng 300 mm thủy ngân). Trong trường hợp cần thiết phải cân bằng lại máy trọng lực. Lấy số đọc r_{B_1} của máy trọng lực. Mở phòng điều áp. Nếu cần phải cân bằng lại máy trọng lực rồi lấy số đọc $r_B^{''}$ của máy trọng lực. Chuyển các số đọc $r_B^{'}$, $r_B^{''}$, r_{B_1} thành các giá trị $g_B^{r'}, g_B^{r''}, g_{B_1}^{r}$ trong đơn vị mGal. Tính hệ số áp suất theo công thức sau:

$$b = \sqrt{\frac{g_B^r - g_{B_1}^r}{B - B_1}}, \text{ (mGal/mm thủy ngân),}$$

ở đây

$$g_B^r = \frac{\left(g_B^{r'} + g_B^{r''}\right)}{2}.$$

Phụ lục 6
QUY TRÌNH KIỂM TRA VÀ KIỂM NGHIỆM MÁY ĐO TRỌNG LỰC MẶT ĐẤT ZLS

1. Quy trình căn chỉnh máy trọng lực ZLS

Căn chỉnh máy trọng lực là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác đo đạc trọng lực. Để máy đạt được độ chính xác đo đạc cao nhất bằng máy trọng lực ZLS việc kiểm tra, căn chỉnh hệ thống cân bằng và hệ thống phản hồi phải được tiến hành thường xuyên. Phải điều chỉnh hệ thống cân bằng trước mỗi đợt đo hoặc kiểm tra định kỳ khi máy không hoạt động trong nhiều tháng. Điều chỉnh bộ phận cân bằng sẽ giảm được tối thiểu ảnh hưởng độ nghiêng của máy đến kết quả đo.

Các nội dung căn chỉnh máy trọng lực ZLS bao gồm:

- Điều chỉnh các điểm dừng của con lắc;
- Điều chỉnh hệ thống cân bằng dọc và ngang;
- Điều chỉnh tăng hệ thống cân bằng;
- Xác định hệ số tăng của con lắc;
- Xác định hệ số tăng của hệ thống hồi tiếp;
- Xác định hàm điều chỉnh cân bằng.

1.1. Điều chỉnh điểm dừng con lắc (điện kế con lắc)

Phương pháp điều chỉnh điểm dừng con lắc như sau:

a) Đặt máy trên nền vững chắc (tốt nhất là trên mốc trọng lực nhà nước hoặc phòng kiểm nghiệm được thiết kế riêng cho mục đích này), cân bằng máy và mở khóa hãm con lắc;

b) Trên màn hình chính của thiết bị điều khiển cầm tay chọn "UltraGrav", trong bảng "Options" chọn "fix duty cycle". Đặt giá trị duty cycle là 50%. Nhấn phím "Enter/Done";

c) Giải phóng lẫy khóa ở đĩa quay và cho nó quay đến khi kim của điện kế con lắc về vạch 0;

d) Thay "fix duty cycle" trong bảng "Options" bằng 10%. Quan sát kim điện kế con lắc, vị trí xa nhất của nó sẽ là phía trái của thang chia, đây là điểm dừng dưới;

e) Đổi "fix duty cycle" trong bảng "Options" bằng 90%. Vị trí xa nhất của kim điện kế con lắc sẽ nằm về phía bên phải của thang chia, đó là điểm dừng trên.

Nếu kim vượt quá 20 trên thang chia cho điểm dừng trên hoặc điểm dừng dưới thì cần phải điều chỉnh. Dùng chiết áp tăng giảm con lắc đưa kim điện kế về 20-0-20. Nếu vị trí xa nhất không đối xứng trong điện kế con lắc, dùng chiết áp chỉnh cân con lắc điều chỉnh những vị trí này cho đến khi đối xứng. Khi điểm dừng dưới và điểm dừng trên cách đều vạch 0, dùng chiết áp tăng giảm con lắc mở rộng điểm dừng đến vị trí 20 - 0 - 20.

f) Tiếp theo, đặt *"fix duty cycle"* trong bảng *"Options"* bằng 10%. Sau đó chọn "*UltraGrav*", chọn "*Options*" và vào "*read meter*". Sau khi con lắc ổn định ở điểm dừng dưới, ghi tần số (trong "read meter") vào bảng căn chỉnh (như mẫu bên dưới), ứng với dòng "Điểm dừng dưới". Làm tương tự như vậy để tìm tần số của máy khi "fix duty cycle" bằng 90% và ghi vào bảng căn chỉnh, ứng với dòng "Điểm dừng trên". Vị trí 0 của điện kế là điểm giữa của hai tần số nói trên. Ghi tần số điểm giữa vào bảng căn chỉnh, trên dòng "Đường số đọc". Cập nhật các tần số điểm dừng và tần số "Đường số đọc" vào máy bằng cách chọn "*setting*" và vào "*meter*".

1.2. Điều chỉnh bộ phận cân bằng dọc và ngang

Để điều chỉnh bộ phận cân bằng dọc chúng ta thực hiện các công việc sau:

- Đặt máy trên nền vững chắc, cân bằng và mở khóa hãm con lắc. Tiến hành đo và ghi lại giá trị trọng lực;

- Làm lệch bộ phận cân bằng dọc 10 vạch chia sang phía bên phải. Tiến hành đo và ghi lại giá trị trọng lực tương ứng;

- Làm lệch bộ phận cân bằng dọc 10 vạch sang bên trái. Đo và ghi lại giá trị trọng lực;

- So sánh hai số đọc trên. Nếu chúng bằng nhau hoặc gần bằng nhau thì đồng hồ chỉ vạch 0 là vị trí cho giá trị trọng lực lớn nhất.

Để đọc các giá trị trọng lực chúng ta tiến hành cân bằng và mở khóa hãm con lắc. Trong "Setting", chọn "system" và bỏ dấu chọn (không kiểm tra) trên hộp "Enable station select". Sau đó vào mục "single". Nhập vào số đọc đĩa và chọn "Done". Sau khi máy đo xong, để ý giá trị trọng lực quan sát được (obs_g) và ấn vào nút "more" để được số đọc khác. Lấy số đọc liên tục cho đến khi độ lệch chuẩn đạt được càng nhỏ càng tốt so với giá trị quy định (0,009 mGal). Sai số của con lắc không vượt quá 0,002 mGal. Sau khi số đọc đạt yêu cầu độ chính xác, chỉnh 1 bộ phận cân bằng lệch đi 10 vạch trên điện kế cân bằng (1 phút cung) về từng hướng trong khi vẫn giữ điện kế cân bằng còn lại ở vạch 0. Đọc và ghi giá trị trọng lực quan sát cho mỗi hướng. Độ lệch giá trị trọng lực quan sát giữa các lần nghiêng bằng 0,005 mGal hoặc nhỏ hơn là đạt yêu cầu đối với máy ZLS.

Nếu sai số không đạt yêu cầu thì tiến hành nghiêng lại máy đi 1 phút cung (10 vạch chia) và ghi lại giá trị "FBK_Corr". Độ nghiêng hiệu chỉnh sẽ được thực hiện về hướng có số đọc do ảnh hưởng của 1 phút cung nghiêng lớn nhất. Cứ mỗi độ lệch cỡ 0,017 mGal giữa các lần nghiêng (FBK_Corr) thì phải hiệu chỉnh một vạch trên thang chia của điện kế cân bằng. Độ lệch cỡ 0,037 mGal thì phải hiệu chỉnh 2 vạch trên thang chia của điện kế. Lặp lại các bước đo và ghi lại độ lệch giá trị trọng lực quan sát giữa các lần nghiêng. Nếu độ lệch vẫn không đạt thì phải tiến hành việc xác định hàm số điều chỉnh cân bằng (xem mục 1.6 ở dưới). Chúng ta tiến hành tương tự đối với bộ phận cân bằng ngang.

1.3. Điều chỉnh bộ phận tăng giảm mức cân bằng

Điện kế cân bằng không hiển thị điểm dừng tại 20 - 0 - 20. Kim điện kế vượt qua giới hạn thang chia của đồng hồ (> 20 vạch). Nếu vị trí tham chiếu cơ học được điều chỉnh đúng về 0 thì 1 mức nghiêng 10 vạch tính từ 0 đến hai hướng phải bằng - 0,042 mGal (FBK_Corr). Nếu kết quả này nhỏ hơn - 0,042 mGal phải hiệu chỉnh giảm độ tăng bằng cách sử dụng chiết áp tăng giảm chỉnh xuống khoảng dưới vạch 10, dùng ốc cân nghiêng máy trở lại vạch thứ 10 và lấy số đọc tiếp. Bằng cách này giá trị - 0,042 mGal sẽ đạt được dần dần. Ngược lại, với 1 mức nghiêng 10 vạch, FBK_Corr có giá trị lớn hơn - 0,042 mGal. Tăng chiết áp tăng giảm lên khoảng trên 10 vạch, và nghiêng trở lại về vạch 10. Độ lớn của những hiệu chỉnh này có thể xác định bởi 9 vạch chia bằng - 0,034 mGal, 10 vạch chia bằng - 0,042 mGal, 11 vạch chia bằng - 0,051mGal từ số đọc lớn nhất tại vị trí "0".

1.4. Xác định hệ số điều chỉnh con lắc

Việc xác định hệ số điều chỉnh con lắc được thực hiện như sau:

a) Đặt máy trên nền vững chắc, cân bằng và mở khóa hãm con lắc;

b) Chỉnh bằng tay đĩa số của máy trọng lực để con lắc tới vị trí giữa. Ghi lại số đọc trên bộ đọc số (Counter units) vào bảng căn chỉnh;

c) Giảm số đọc đĩa số trên bộ đọc số 0,250 mGal (tương đương với 25 đơn vị trên bộ đọc số). Ghi lại số đọc mới này vào phiếu. Chú ý khi đĩa quay dừng, dùng tay quay đĩa một vòng ngược chiều kim đồng hồ, và sau đó quay theo chiều kim đồng hồ cho đến khi vào vị trí chính xác để loại bỏ khe hở;

d) Để theo dõi tần số của con lắc, vào "UltraGrav", chọn "options", sau đó chọn "read meter". Dưới bảng "Meter outputs", đọc tần số của máy, khi nào tần số tương đối ổn định thì ghi lại giá trị này (f_1) vào phiếu, bên cạnh số đọc đĩa số trước đó;

e) Tăng số đọc đĩa số trên bộ đọc số lên 0,500 mGal (tương đương với 50 đơn vị trên bộ đọc số). Ghi lại số đọc mới này vào phiếu;

f) Thực hiện tiếp các bước như ở mục d. Quan sát tần số của con lắc, sau khi giá trị tần số tương đối ổn định ghi giá trị này (f_2) vào bên cạnh số đọc đĩa số trước đó;

g) Đưa con lắc trở lại vị trí đường đọc số (đường cơ sở);

h) Tính hệ số điều chỉnh con lắc K theo công thức:

$$K = \frac{0,5}{f_1 - f_2}.$$

i) Cập nhật hệ số K của con lắc vào máy theo các bước sau: trong "UltraGrav" chọn "settings" sau đó chọn "meter" và nhập vào giá trị K mới. ấn phím "enter". ấn phím "Done" để trở về màn hình chính.

1.5. Xác định hệ số tăng thành phần hồi tiếp PWM (Feedback)

Tất cả các thiết bị điện tử thay đổi theo thời gian. Do đó khi đo đạc với độ chính xác cao, hệ số tăng thành phần hồi tiếp PWM cần thiết phải thay đổi. Để kiểm tra hệ số này cần bật lò nhiệt cho hoạt động trong thời gian 24 giờ trở lên, rồi tiến hành kiểm tra theo các bước sau:

a) Cân bằng máy và mở khóa hãm con lắc;

b) Vào "UltraGrav" chọn " options" và chọn "fix duty cycle";

c) Nhập 50 bằng cách dùng bàn phím ảo, chọn "Done" Chọn "enter" và chọn "Done";

d) Mở khóa đĩa và cho quay đĩa số đến khi điện kế con lắc chỉ vào vạch 0 và sau đó đặt giá trị trọng lực về số nguyên gần nhất;

e) Chọn "Single", nhập vào máy số đọc trên đĩa, chọn phím "done";

f) Chọn trạm đo hoặc tạo trạm mới;

g) Tiến hành đo. Ghi lại số đọc chọn phím "done";

h) Cho đĩa số quay đi -25,0 đơn vị. Trở về màn hình chính. Tiến hành đo nhưng giữ nguyên số đọc trên đĩa, vào phím "done" chọn trạm đo và phím "accept" để chấp nhận. Ghi giá trị trọng lực quan sát (OBS-G1);

i) Quay đĩa số +50 đơn vị (+25 đơn vị từ số đọc mới) và loại bỏ khe hở được thực hiện bằng cách quay đĩa đi một vòng ngược chiều kim đồng hồ và sau đó quay lại theo chiều kim đồng hồ. Lặp lại bước h và ghi giá trị trọng lực quan sát (OBS-G2).

Sự sai khác giữa OBS-G1 và OBS-G2 tạo thành một cặp độ lệch giá trị quan sát. Với khả năng lặp dữ liệu của máy xấp xỉ 0,01mGal, độ chính xác được nâng

lên bằng việc thực hiện 10 lần hoặc nhiều hơn các cặp quan sát, và sau đó tính giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Độ chính xác có thể đạt lớn nhất của giá trị trung bình là:

$$\frac{0,02\,\mathrm{mGal}}{\sqrt{10}} = 0,006 mGal.$$

Sau khi thiết lập được giá trị miligal này rồi, việc tăng PWM (Feedback) có thể kiểm lại bằng cách trở lại vị trí này và lặp lại bước kiểm tra, nhưng sử dụng số đọc đĩa chính xác. Sai số giữa giá trị miligal đã thiết lập và giá trị miligal mới kiểm tra có thể được hiệu chỉnh bằng hệ số K tính theo công thức:

$$K = \frac{\mathrm{Gia\ tri\ mGal\ da\ thiet\ lap}}{\mathrm{Gia\ tri\ mGal\ moi\ kiem\ tra}}.$$

Hệ số tăng PWM (Feedback) được hiệu chỉnh bằng cách vào màn hình chính chọn "UltraGrav", sau đó chọn "setting", chọn "Meter". Nhân giá trị FBK (Feedback) hiện tại với K và nhập vào "FBK gain".

1.6. Xác định hàm điều chỉnh cân bằng

Việc xác định hàm điều chỉnh cân bằng được thực hiện theo các bước sau:

a) Đặt các hệ số cân bằng A, B, C về vị trí "0" bằng cách chọn "UltraGrav", sau đó chọn "settings", "level" và "done";

b) Cân bằng cẩn thận máy và chỉnh con lắc về vị trí đường đọc số bằng cách chỉ sử dụng đĩa số;

c) Chỉnh bộ phận cân bằng ngang lệch đến vạch - 10. Giữ nguyên bộ phận cân bằng dọc ở vị trí "0";

d) Tiến hành đo bằng cách vào "single" trên màn hình chính. Ghi lại FBK_COR và ET_COR vào dòng - 10 của phần cân bằng ngang trong bảng căn chỉnh;

e) Trong UltraGrav chọn "options" và "read meter". Ghi lại giá trị tần số cân bằng ngang (x);

f) Chỉnh bộ phận cân bằng ngang về vạch - 5. Giữ nguyên bộ phận cân bằng dọc ở vị trí "0";

g) Sau khi tần số của máy ổn định đọc và ghi lại giá trị tần số cân bằng ngang vào dòng - 5 của phần cân bằng ngang trong bảng căn chỉnh;

h) Tiến hành đo bằng cách vào "single" trên màn hình chính. Ghi lại FBK_COR và ET_COR vào dòng - 5 của phần cân bằng ngang;

i) Chỉnh bộ phận cân bằng ngang về vạch "0". Giữ bộ phận cân bằng dọc ở vị trí "0";

j) Tiến hành đo như trên và ghi lại FBK_COR và ET_COR vào dòng 0 trên bảng căn chỉnh của phần cân bằng ngang;

k) Trong "UltraGrav" chọn "options" và "read meter". Ghi lại giá trị tần số cân bằng ngang;

l) Lặp lại những bước công việc trên cho bọt thủy ngang cho các vị trí +5 và +10 vạch;

m) Điền vào những cột độ lệch (Δf và Δ(FB+ET)) các giá trị bằng cách lấy giá trị ở các dòng trừ đi giá trị ở dòng 0;

n) Tiến hành vẽ đường cong bậc hai từ những số liệu trong các cột độ lệch và ghi hệ số của phương trình vào bảng căn chỉnh;

p) Lặp lại các bước quan sát như trên cho bộ phận cân bằng dọc;

q) Cập nhật những hệ số cân bằng vào máy bằng cách chọn "settings" trong "UltraGrav" và sau đó chọn "level";

r) Đặt và giữ đĩa quay vào số nguyên gần nhất của giá trị miligal và cập nhật số đọc đĩa trong "Settings" vào "system".

Ví dụ về kết quả căn chỉnh máy trọng lực ZLS được trình bày ở dưới đây.

BẢNG KẾT QUẢ CĂN CHỈNH MÁY ZLS

Người căn chỉnh: Đinh Xuân Mạnh **Ngày căn chỉnh: 20/02/2008**

Máy: B-22 **Vị trí đo: điểm gốc Hà Nội**

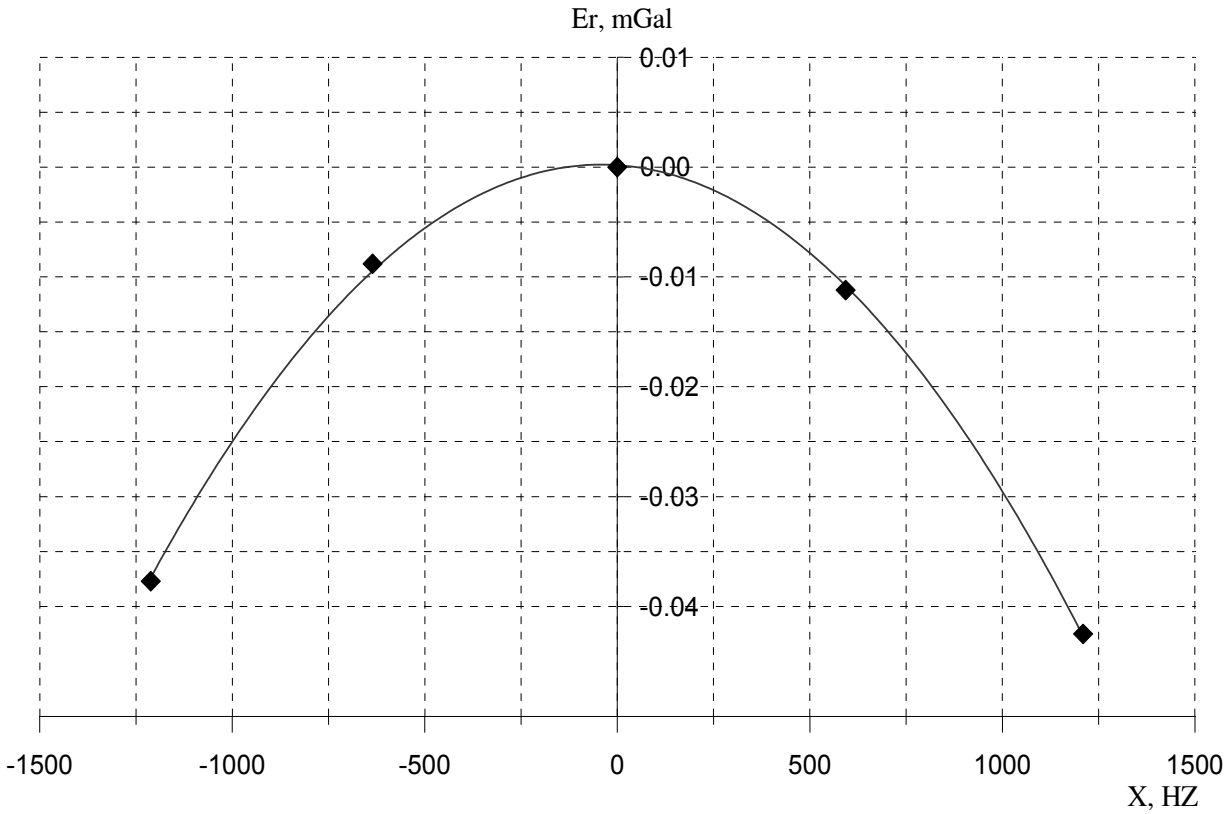
Các điểm dừng và đường số đọc		
Đường số đọc:	8.352	
Điểm dừng trên:	8.920	
Điểm dừng dưới:	7.784	
Chênh lệch:	1.136	
Xác định hệ số điều chỉnh con lắc		
Số đọc cơ sở:	2.097,40	
Hiệu gia tốc lực trọng trường	Số đọc đĩa quay	Tần số con lắc
- 0,25 mGal	2.097,15	8.746
+ 0,5 mGal	2.097,65	8.282
Chênh lệch 0,5	0,5	A: 464
Hệ số K (hệ số tăng của con lắc) = + 0,5/(A) = 0,001077586207		

Ví dụ về kết quả xác định hàm điều chỉnh cân bằng của máy trọng lực ZLS được trình bày ở dưới đây.

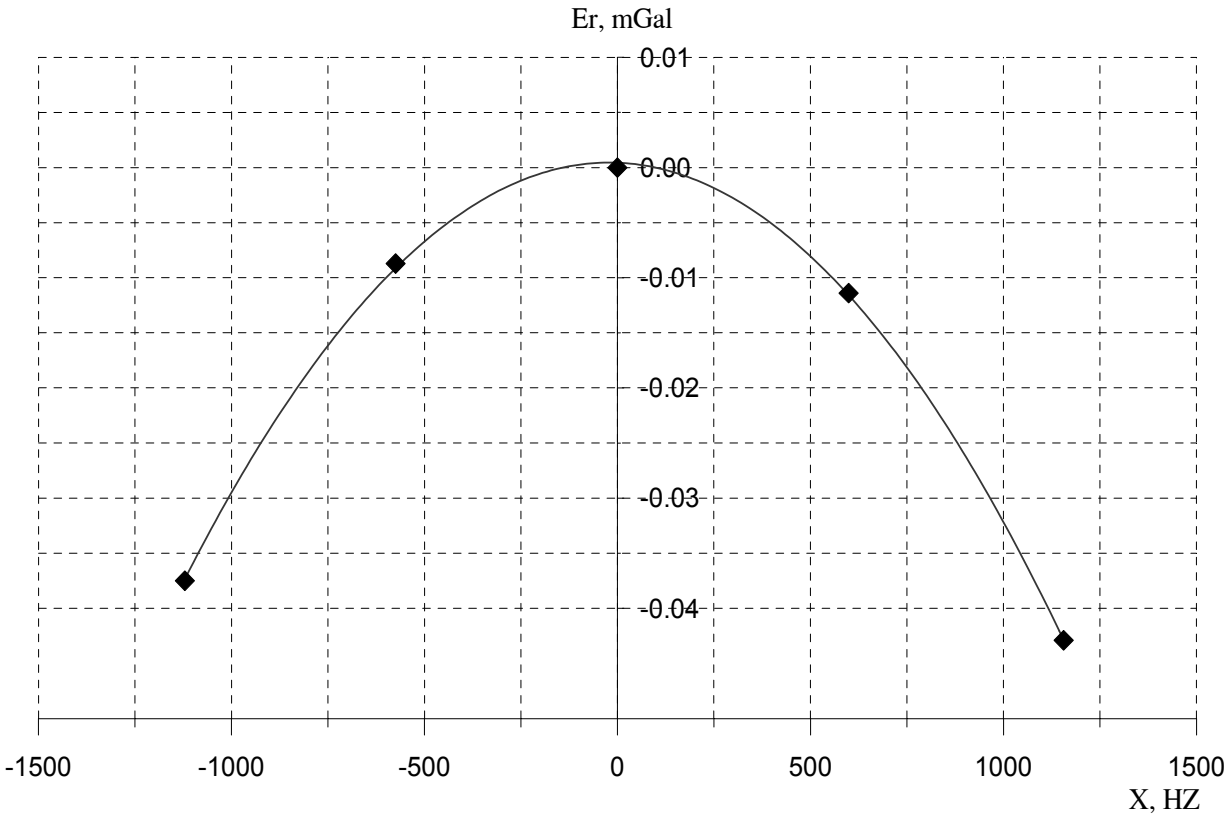
Người đo: Đinh Xuân Mạnh, **Ngày 20 tháng 02 năm 2008**

Máy: B-22 **Vị trí đo: điểm gốc Hà Nội**

Bộ phận cân bằng ngang						
Điện kế	**Tần số (f)**	**x = Δf**	**Giá trị hồi tiếp (FB)**	**Hiệu chỉnh địa triều (ET)**	**FB+ET**	**Er=Δ(FB+ET)**
- 10	11.572	1.210	- 0,040	- 0,012	- 0,052	- 0,0425
- 5	10.955	593	- 0,010	- 0,011	- 0,021	- 0,0112
0(A)	10.362	0	0	- 0,009	- 0,009	0
5	9.726	- 636	- 0,010	- 0,008	- 0,018	- 0,0088
10	9.150	- 1.212	- 0,040	- 0,007	- 0,047	- 0,0377
Đường số đọc (A) = 10.362						
Sai số (Er) = A + Bx + Cx^2						
Các hệ số			**Giá trị**			
Hệ số bậc 0 (Hệ số A)			1,878E - 04			
Hệ số bậc 1 (Hệ số B)			- 2,263E - 06			
Hệ số bậc 2 (Hệ số C)			- 2,744E - 08			
Bộ phận cân bằng dọc						
Điện kế	**Tần số (f)**	**x = Δf**	**Giá trị hồi tiếp (FB)**	**Hiệu chỉnh địa triều (ET)**	**FB+ET**	**Er=Δ(FB+ET)**
-10	10.025	1.156	- 0,030	- 0,006	- 0,036	- 0,0429
-5	9.468	599	0,000	- 0,004	- 0,004	- 0,0114
0(A)	8.869	0	0	- 0,003	0,007	0
5	8.294	- 575	0,000	- 0,001	- 0,001	- 0,0087
10	7.748	- 1.121	- 0,030	0,000	- 0,030	- 0,0375
Đường số đọc (A) = 8.869						
Sai số (Er) = A + Bx + Cx^2						
Các hệ số			**Giá trị**			
Hệ số bậc 0 (Hệ số A)			4,423E - 04			
Hệ số bậc 1 (Hệ số B)			- 1,333E - 06			
Hệ số bậc 2 (Hệ số C)			- 3,127E - 08			



Đồ thị biểu diễn hàm cân bằng của bộ phận cân bằng ngang máy B22



Đồ thị biểu diễn hàm cân bằng của bộ phận cân bằng dọc của máy B22

Từ đồ thị xác định được các hệ số A, B, C để cập nhật vào máy.

2. Kiểm nghiệm máy trọng lực ZLS

Kiểm nghiệm máy trọng lực bao gồm:

- Theo dõi dịch chuyển điểm 0 của máy ở trạng thái tĩnh;
- Theo dõi dịch chuyển điểm 0 của máy ở trạng thái động;
- Chuẩn máy trên đường đáy quốc gia.

Các công việc trên được thực hiện như đã trình bày ở Phụ lục 10 đối với các máy trọng lực GNU-KV và Z400. Tuy nhiên, đối với máy trọng lực ZLS, việc theo dõi dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái tĩnh, ngoài đo đơn như trên còn có thể sử dụng chế độ đo ghi liên tục.

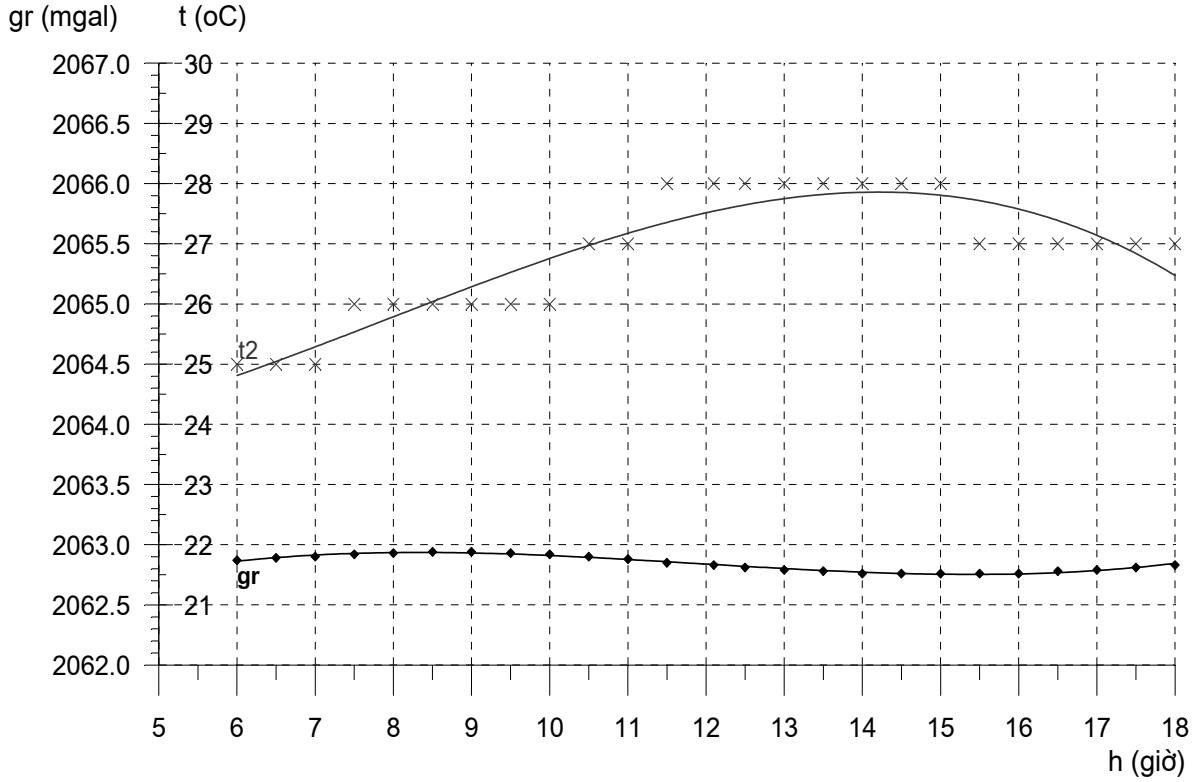
Ví dụ về kết quả dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái tĩnh của máy trọng lực ZLS được trình bày ở dưới đây.

Người đo: Đinh Xuân Mạnh, **Ngày 27 tháng 02 năm2008**

Máy: B22 **Vị trí đo: điểm gốc Hà Nội**

STT	Thời gian đo	Nhiệt độ ngoài, t_2	Số đọc g^r	Giá trị hồi tiếp	Hiệu chỉnh địa triều	Hiệu chỉnh nhiệt
	h m	^oC	mGal	mGal	mGal	mGal
	06 00	25,00	2.062,87	-0,13	-0,005	-0,02
1	06 30	25,00	2.062,89	-0,12	-0,014	-0,02
2	07 00	25,00	2.062,90	-0,12	-0,024	-0,02
3	07 30	26,00	2.062,92	-0,12	-0,033	-0,02
4	08 00	26,00	2.062,93	-0,11	-0,042	0,00
5	08 30	26,00	2.062,94	-0,11	-0,051	-0,02
6	09 00	26,00	2.062,94	-0,11	-0,059	-0,01
7	09 30	26,00	2.062,93	-0,11	-0,065	-0,01
8	10 00	26,00	2.062,92	-0,11	-0,071	-0,01
9	10 30	27,00	2.062,90	-0,11	-0,075	-0,01
10	11 00	27,00	2.062,88	-0,11	-0,078	-0,01
11	11 30	28,00	2.062,85	-0,12	-0,079	-0,01
12	12 00	28,00	2.062,83	-0,13	-0,079	-0,01
13	12 30	28,00	2.062,81	-0,14	-0,077	0,00
14	13 00	28,00	2.062,79	-0,15	-0,074	-0,01

STT	Thời gian đo	Nhiệt độ ngoài, t_2	Số đọc g^r	Giá trị hồi tiếp	Hiệu chỉnh địa triều	Hiệu chỉnh nhiệt
	h m	^oC	mGal	mGal	mGal	mGal
15	13 30	28,00	2.062,78	-0,16	-0,069	-0,01
16	14 00	28,00	2.062,76	-0,16	-0,063	-0,01
17	14 30	28,00	2.062,76	-0,14	-0,056	-0,01
18	15 00	28,00	2.062,76	-0,18	-0,048	-0,01
19	15 30	27,00	2.062,76	-0,16	-0,039	-0,01
20	16 00	27,00	2.062,76	-0,20	-0,030	-0,01
21	16 30	27,00	2.062,78	-0,21	-0,021	-0,01
22	17 00	27,00	2.062,79	-0,21	-0,012	0,00
23	17 30	27,00	2.062,81	-0,21	-0,004	-0,01
24	18 00	27,00	2.062,83	-0,22	0,003	-0,01
g^r_{max} = 2.062,94 mGal				B = g_{max} - g_{min} = 0,18 mGal		
g^r_{min} = 2.062,76 mGal				δg_{xd} = B/ΔT = 0,015 mGal/h		



Đồ thị dịch chuyển điểm "0" của máy B22 ở trạng thái tĩnh tại điểm gốc Hà Nội

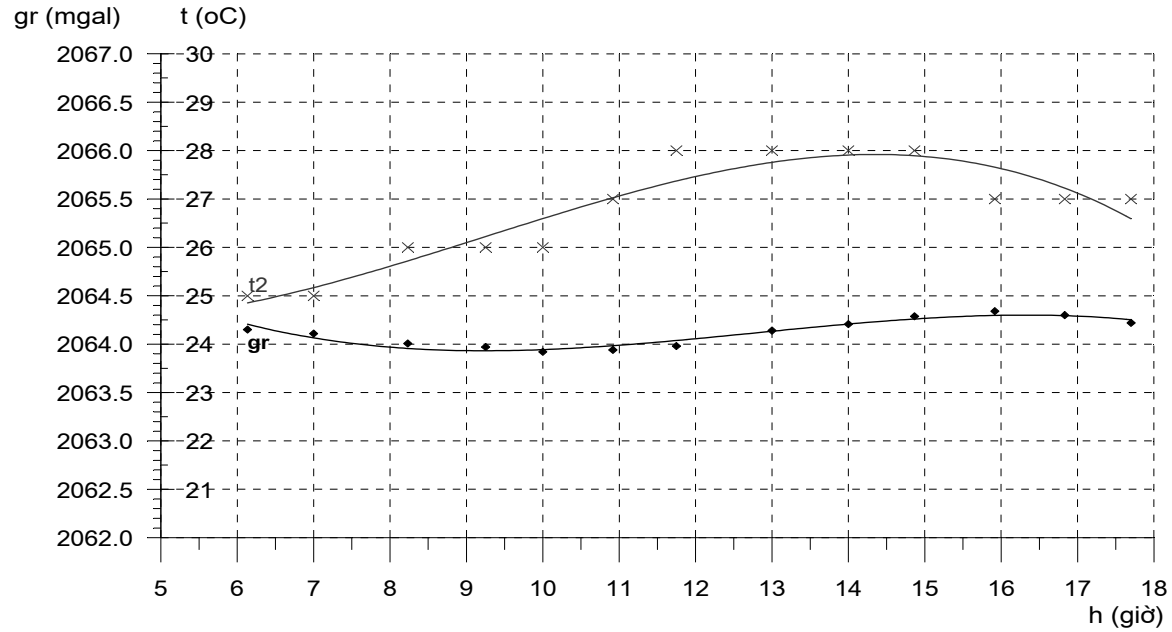
Ví dụ về kết quả dịch chuyển điểm "0" ở trạng thái động của máy trọng lực ZLS được trình bày ở bảng dưới đây.

Người đo: Đinh Xuân Mạnh, Ngày 03 tháng 3 năm 2008

Máy: B-22

Vị trí đo: điểm Mỹ Đình (A) và điểm Hoài Đức (B)

Tên điểm	Thời gian đo			Nhiệt độ ngoài, t_2	Số đọc g^r	Giá trị hồi tiếp	Hiệu chỉnh địa triều	Hiệu chỉnh nhiệt
	h	m	Quy về đơn vị h	^oC	mGal	mGal	mGal	mGal
A	6	05	6,09	25,0	2.064,15	-1,120	0,027	-0,050
B	6	30	6,50	25,0	2.072,86	7,593	0,010	-0,050
A	6	49	6,82	25,0	2.064,11	-1,130	-0,004	-0,050
B	7	41	7,68	25,0	2.072,78	7,560	-0,041	-0,040
A	8	02	8,03	26,0	2.064,01	-1,190	-0,054	-0,040
B	8	40	8,66	26,0	2.072,71	7,513	-0,047	-0,030
A	9	03	9,05	26,0	2.063,97	-1,213	-0,078	-0,030
B	9	30	9,50	26,0	2.072,66	7,470	-0,053	-0,030
A	9	56	9,93	26,0	2.063,92	-1,270	-0,078	-0,030
B	10	31	10,52	26,0	2.072,65	7,440	-0,044	-0,030
A	11	06	11,10	27,0	2.063,94	-1,270	-0,046	-0,030
B	11	33	11,56	27,0	2.072,69	7,440	-0,023	-0,030
A	11	54	11,90	28,0	2.063,98	-1,270	-0,007	-0,030
B	12	51	12,85	28,0	2.072,80	7,470	0,049	-0,020
A	13	19	13,32	28,0	2.064,14	-1,210	0,078	-0,020
B	13	51	13,85	28,0	2.072,89	7,497	0,108	-0,020
A	14	12	14,21	28,0	2.064,21	-1,193	0,127	-0,020
B	14	42	14,69	28,0	2.072,98	7,553	0,148	-0,020
A	15	05	15,08	28,0	2.064,29	-1,140	0,161	-0,020
B	15	41	15,68	27,0	2.073,05	7,590	0,172	-0,015
A	16	08	16,14	27,0	2.064,34	-1,110	0,174	-0,020
B	16	47	16,78	27,0	2.073,04	7,587	0,166	-0,010
A	17	13	17,22	27,0	2.064,30	-1,130	0,153	-0,020
B	17	49	17,81	27,0	2.073,00	7,600	0,128	-0,020
A	18	11	18,18	27,0	2.064,22	-1,157	0,109	-0,030



Đồ thị dịch chuyển điểm "0" của máy B22 ở trạng thái động tại điểm Mỹ Đình

Phụ lục 7
QUY TRÌNH KIỂM TRA VÀ KIỂM NGHIỆM CÁC MÁY ĐO TRỌNG LỰC BIỂN VÀ TRỌNG LỰC HÀNG KHÔNG

1. Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh zero beam

Zero beam được kiểm tra trước khi bắt đầu đo trọng lực biển. Mở khóa 50 pin ra khỏi máy và cắm bộ nguồn Mini vào để sấy khô máy. Lắp khóa kiểm nghiệm ZLS vào đầu dây 50 pin. Ấn nút trên khóa về LOW, kim đồng hồ trên Platform Control sẽ chỉ số 0, Ấn nút trên khóa về HI, kim đồng hồ trên Platform Control sẽ chỉ số 40.

Nối với máy tính và chạy phần mềm Ultrasys sẽ được 0 ± 20 mV đối với trường hợp LOW và 7000 ± 20 mV đối với trường hợp HI. Nếu số chênh nằm ngoài khoảng ± 20 mV, thì hiệu chỉnh nhờ vặn ốc zero beam ở trên Platform Control để số đọc nằm trong khoảng cho phép.

2. Kiểm tra hằng số K

Hệ số K do nhà máy chế tạo kiểm tra rất chặt chẽ. Khi kiểm tra số K, chạy phần mềm Ultrasys chờ cho đến khi trên màn hình máy tính xuất hiện tổng các hiệu chỉnh TC (Total Corections) gần số 0 (± 0,3). Vào Switch menu tắt chức năng Spring Tension, vào Procedure 8.

- Dịch ST một giá trị + 30, chờ khoảng 5 phút thì số đọc của TC phải là - 30 (± 1,5), nhỏ hơn 5%;

- Dịch ST một giá trị - 30, chờ khoảng 5 phút thì số đọc của TC phải là + 30 (± 1,5), nhỏ hơn 5%.

Nếu nằm trong giới hạn 5 %, thì hằng số K rất phù hợp. Nếu vượt quá giới hạn này, thì phải hiệu chỉnh lại giá trị BEAM SCAL FACTOR trong Main Menu - Additional Procedure - Update Digital K Factor bởi giá trị:

$$K_{mới} = K_{cũ} * (60/(TC1 + TC2)),$$

ở đây TC1, TC2 là giá trị của TC sau hai lần xác định.

Việc hiệu chỉnh hằng số K đòi hỏi phải kiểm tra rất cẩn thận. Nếu giá trị K xác định không tin cậy sẽ làm hỏng máy trọng lực.

3. Kiểm tra giá trị độ căng của lò so

Kiểm tra sự bằng nhau của giá trị độ căng của lò so (Spring Tension) trên máy tính và trên vòng số DIAL. Nếu không bằng nhau phải đặt lại giá trị lò so trên phần mềm Ultrasys. Sau mỗi lần thay đổi hệ số K phải đặt lại giá trị của lò so.

4. Kiểm tra tình trạng của bọt nước trong ống thủy của platform

Ở trên đất liền thường xuyên kiểm tra tình trạng của bọt nước trong ống thủy của platform khi nó được cân bằng.

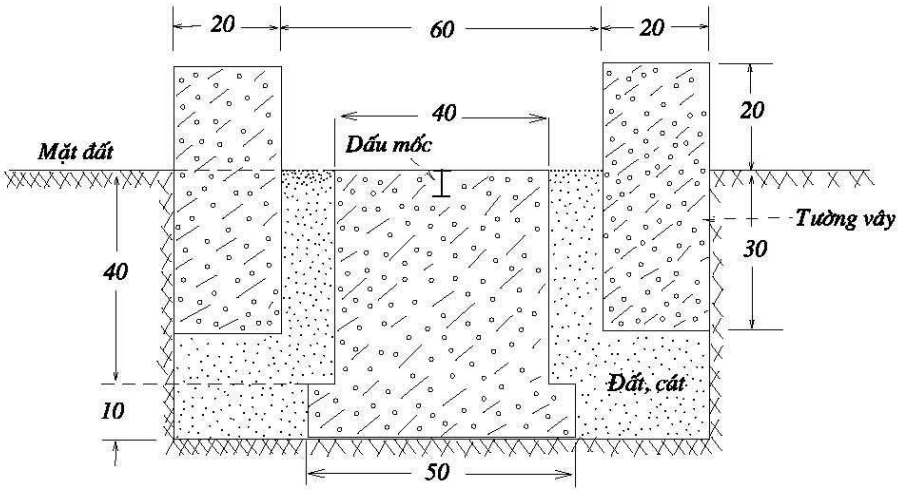
5. Kiểm tra hệ số mGal/CU của máy

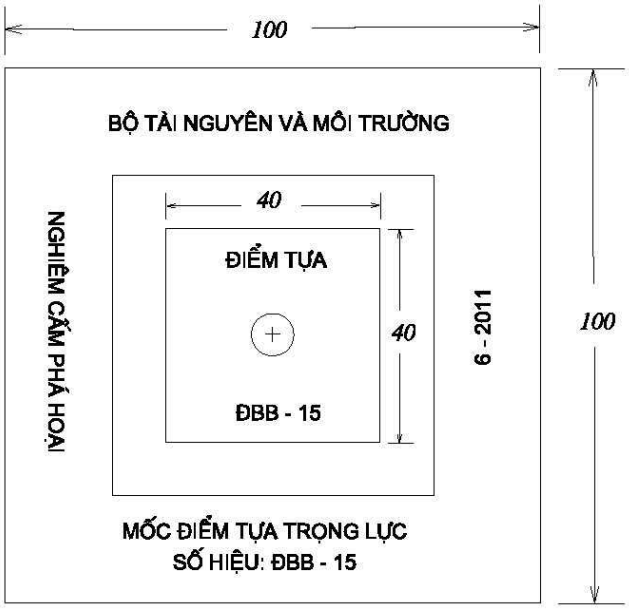
Việc kiểm tra hệ số mGal/CU của máy được thực hiện trên bãi kiểm nghiệm trọng lực giống như đối với các máy trọng lực tĩnh khác.

Phụ lục 8

SƠ ĐỒ CẤU TRÚC MỐC ĐIỂM TỰA

Đơn vị: cm



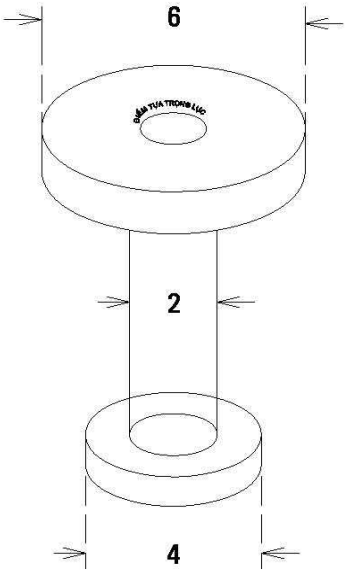


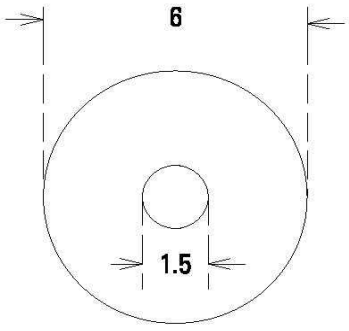
Chữ ghi trên mặt mốc và tường vây là chữ in hoa với kích thước:
Cao: 3, rộng: 2, lực nét: 0.3, sâu 0.5

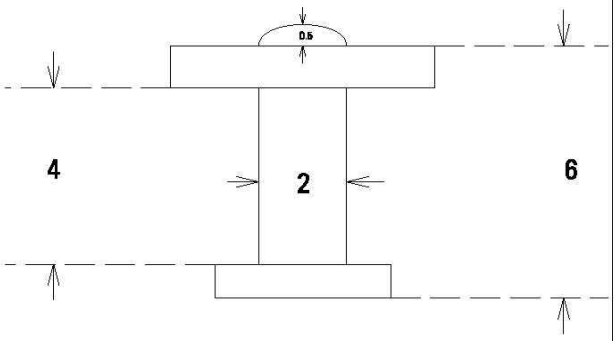
Phụ lục 9

SƠ ĐỒ DẤU MỐC ĐIỂM TỰA TRỌNG LỰC

Đơn vị đo: Cm







Phụ lục 10
QUY ĐỊNH KÝ HIỆU CÁC VÙNG

1. Vùng Tây Bắc (TBa) bao gồm các tỉnh Lai Châu, Điện Biên, Sơn La, Lào Cai, Yên Bái, Phú Thọ;

2. Vùng Việt Bắc (VBa) bao gồm các tỉnh Hà Giang, Tuyên Quang, Cao Bằng, Bắc Kạn, Thái Nguyên;

3. Vùng Đông Bắc (ĐBa) bao gồm các tỉnh Lạng Sơn, Bắc Giang, Quảng Ninh;

4. Vùng đồng bằng Bắc bộ (ĐĐBB) gồm các tỉnh Vĩnh Phúc, Hà Nội, Bắc Ninh, Hải Dương, Hưng Yên, Thái Bình, Hà Nam, Nam Định, Hải Phòng, Ninh Bình, Hòa Bình;

5. Vùng Thanh - Nghệ tĩnh (TNT) bao gồm các tỉnh Thanh Hóa, Nghệ An, Hà Tĩnh;

6. Vùng Trung Bộ (TBo) bao gồm các tỉnh Quảng Bình, Quảng Trị, Thừa Thiên Huế, TP Đà Nẵng;

7. Vùng Nam Trung Bộ (NTB) gồm các tỉnh Quảng Nam, Quảng Ngãi, Kon Tum, Bình Đình;

8. Vùng Tây Nguyên và duyên hải Nam Trung Bộ (TNTB) gồm các tỉnh Gia Lai, Đắc Lắc, Phú Yên, Khánh Hòa, Lâm Đồng, Ninh Thuận, Bình Thuận;

9. Vùng Đông Nam Bộ (ĐNB) gồm các tỉnh Đắc Nông, Bình Phước, Bình Dương, Tây Ninh, Đồng Nai, Bà Rịa - Vũng Tàu;

10. Vùng Tây Nam Bộ (TNB) gồm các tỉnh TP Hồ Chí Minh, Long An, Tiền Giang, Đồng Tháp, An Giang, Kiên Giang, Cần Thơ, Hậu Giang, Bến Tre, Vĩnh Long, Trà Vinh, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Cà Mau.

Phụ lục 11
BẢNG GHI CHÚ ĐIỂM TỰA TRỌNG LỰC

Tên điểm: Bản Kho
Số hiệu điểm: TL-TBa-01

<table>
<tr><td rowspan="6">Bản đồ địa hình khu vực điểm

Tỷ lệ: 1/50 000</td><td colspan="2">Mảnh bản đồ: F - 48 - 58 - B</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kinh độ khái lược: 106^{0}55'05”</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vĩ độ khái lược: 21^{0}45'30”</td></tr>
<tr><td colspan="2">Độ cao: 290m</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sơ đồ mốc</td></tr>
<tr><td>Loại mốc</td><td>Chôn chìm</td></tr>
<tr><td>Chất liệu mốc</td><td>Bê tông cốt thép</td></tr>
<tr><td>Loại đất</td><td>Đất công</td></tr>
<tr><td>Chủ đất</td><td>Trường tiểu học</td></tr>
<tr><td>Nơi đặt mốc</td><td colspan="2">Khu Bản Kho Thị Trấn: Lộc Bình
Huyện: Lộc Bình Tỉnh: Lạng Sơn</td></tr>
<tr><td>Đường tới điểm</td><td colspan="2">Từ Lạng Sơn đi đến thị trấn Lộc Bình. Điểm đặt gần cổng vào sân thể dục trường tiểu học Hòa Bình - khu Bản Kho - TT. Lộc Bình</td></tr>
<tr><td colspan="2">Sơ đồ vị trí điểm vẽ phóng</td><td>Phương hướng và khoảng cách đến các vật kiên cố (vật chuẩn)
A: Đông Nam cách cổng sân thể dục 4.5 m

B: Tây Nam cách góc nhà 6.7 m

C: Tây Bắc cách góc nhà 9.2 m</td></tr>
</table>

Người dẫn điểm:	**Trần Quốc Nam**	**Chỗ ở hiện nay:**	Số 248-Khu Bản Kho, TT. Lộc Bình, Huyện Lộc Bình, Tỉnh Lạng Sơn.		
Người chọn điểm:	**Nguyễn Văn Kiên**	**Người Chôn mốc:**	**Nguyễn Ngọc Sơn**	**Người vẽ ghi chú điểm:**	**Nguyễn Văn Kiên**
Ngày chọn điểm:	**29- 06- 2007**	**Ngày chôn mốc:**	**30-6-2007**	**Người kiểm tra:**	**Nguyễn Phi Sơn**
<u>Đơn vị thi công</u>: Trung tâm Triển khai Công nghệ Đo đạc và Bản đồ Viện Khoa học Đo đạc và Bản đồ				**Ngày kiểm tra:**	**15-7-2007**
<u>Ghi chú:</u>					

Phụ lục 12

BỘ TÀI NGUYÊN VÀ MÔI TRƯỜNG	**CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM** **Độc lập - Tự do - Hạnh phúc**	TÊN ĐIỂM..... SỐ HIỆU ĐIỂM.... MẢNH BẢN ĐỒ...

BIÊN BẢN GIAO NHẬN MỐC TỰA TRỌNG LỰC

Căn cứ vào Nghị định số 12/2002/NĐ-CP ngày 22/01/2002 của Chính phủ về hoạt động đo đạc và bản đồ do Thủ tướng Chính phủ ký.

Hôm nay, ngày..... tháng..... năm 20....., hồi..... giờ.....

Tại UBND xã .....

.....

Một bên là Ông:..... Chức vụ: .....

.....

Một bên là Ông:..... Chức vụ: .....

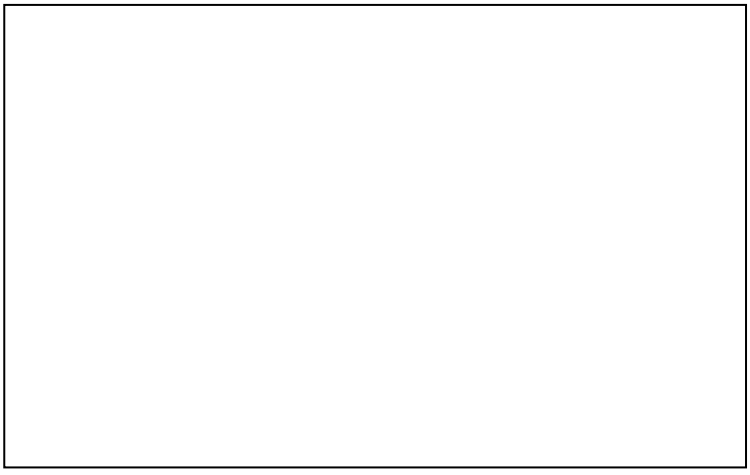
.....

Thay mặt Ủy ban Nhân dân xã (phường, thị trấn).....

huyện.....tỉnh .....

đã tiến hành bàn giao, nhận mốc đo đạc như sau:

Điều 1. Ông..... đã giao cho UBND xã..... do Ông (Bà)..... tiếp nhận mốc đo đạc đặt ở..... xóm..... xã..... huyện..... tỉnh..... theo sơ đồ vị trí sau đây:



Mốc tựa trọng lực được đúc bằng bê tông mặt trên có ấn dấu mốc bằng....., thuộc loại mốc chôn.

Điều 2. Mốc tựa trọng lực là tài sản Quốc gia. Mọi tổ chức, công dân đều có quyền sử dụng mốc vào mục đích đo đạc và có trách nhiệm bảo vệ theo quy định của pháp luật.

Điều 3. Tổ chức, công dân muốn sử dụng mốc vào mục đích đo đạc phải báo cáo trước UBND xã..... biết và trình bày giấy phép của cơ quan Tài nguyên và Môi trường tỉnh sở tại.

Điều 4. Biên bản giao nhận mốc đo đạc này được lập thành 2 bản, có giá trị như nhau.

- Một bản UBND địa phương giữ.
- Một bản đơn vị đo đạc giữ.

BÊN NHẬN		**BÊN GIAO**	
Đại diện UBND xã (*Ký tên, đóng dấu)*	**Cán bộ Địa chính xã** (*Ký tên)*	**Tổ trưởng đo đạc** (*Ký tên)*	**Đại diện đơn vị đo đạc** (*Ký tên, đóng dấu)*

Phụ lục 13
SỔ ĐO ĐIỂM TỰA TRỌNG LỰC

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Ngày đo: 01/10/2010 Chuyến đo: 1

Máy đo: Z 400 189 Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Hằng số máy C: + 0,103 Người ghi: Lê Thanh Hải

Số TT	Tên điểm	Nhiệt độ (t^0C)	Thời gian (h)	Số đọc r		Ghi chú
				Các số đọc	Số đọc trung bình	
1	2	3	4	5	6	7
				2537		
1	TL-VBa-01	40	8,00	2539	2538	
				2538		
				2525		
2	TL-VBa-02	40	10,00	2527	2526	
				2526		
				2538		
3	TL-VBa-01	40	12,00	2539	2539	
				2540		

Phụ lục 14
SỔ ĐO ĐIỂM TRỌNG LỰC CHI TIẾT

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Ngày đo: 08/10/2010 Chuyến đo: 10

Máy đo: Z 400 - 189 Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Hằng số máy C: + 0,103 Người ghi: Lê Thanh Hải

Số TT	Tên điểm	Nhiệt độ (t^0)	Thời gian (h)	Số đọc r		Ghi chú
				Các số đọc	Số đọc trung bình	
1	2	3	4	5	6	7
				2672,00		
1	TL-VBa-10	40	7,10	2673,00	2672,40	
				2672,20		
				2614,30		
2	CT - CBĐK-03	40	7,25	2614,30	2614,20	
				2614,00		
				2672,00		
3	CT - CBĐK-04	40	7,50	2671,40	2671,80	
				2672,00		
				2672,70		
4	TL-VBa-10	40	8,40	2673,00	2672,90	
				2673,00		

Phụ lục 15

TÍNH TOÁN CÁC SỐ GIA TỐC LỰC TRỌNG TRƯỜNG GIỮA CÁC ĐIỂM TỰA TRỌNG LỰC

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Ngày đo: 01/10/2010 Chuyến đo: 1

Máy đo: Z 400 189 Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Hằng số máy C: + 0,103 Người ghi: Lê Thanh Hải

Số TT	Tên điểm	Nhiệt độ (t^0C)	Thời gian (h)	Số đọc trung bình C.r (mGal)	Số cải chính $\alpha.(t_t - t_K)$	Số cải chính Mặt trăng, Mặt trời và Hosacalo	Số gia tốc lực trọng trường đo được (mGal)	Số cải chính do dịch chuyển điểm 0 (mGal)	Số gia tốc lực trọng trường đo được (mGal)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TL-VBa-01	40	8,00	261,41					
							- 1,23	-0,06	-1,29
2	TL-VBa-02	40	10,00	260,18					
3	TL-VBa-01	40	12,00	261,52					

Phụ lục 16

TÍNH TOÁN CÁC SỐ GIA TỐC LỰC TRỌNG TRƯỜNG GIỮA CÁC ĐIỂM CHI TIẾT

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Ngày đo: 08/10/2010 Chuyến đo: 10

Máy đo: Z 400 189 Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Hằng số máy C: + 0,103 Người ghi: Lê Thanh Hải

Số TT	Tên điểm	Nhiệt độ (t^0C)	Thời gian (h)	Số đọc trung bình C.r (mGal)	Số cải chính $\alpha.(t_t - t_K)$	Số cải chính Mặt trăng, Mặt trời và Hosacalo	Số gia tốc lực trọng trường đo được (mGal)	Số cải chính do dịch chuyển điểm 0 (mGal)	Số gia tốc lực trọng trường đo được (mGal)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	TL-VBa-10	40	7,10	275,26					
							- 6,00	- 0,01	- 6,01
2	CT-CBĐK-3	40	7,25	269,26					
							+ 5,94	- 0,01	+ 5,94
3	CT-CBĐK-4	40	7,50	275,20					
							+ 0,11	- 0,03	+ 0,08
4	TL-VBa-10	40	8,40	275,31					

Phụ lục 17
ĐÁNH GIÁ ĐỘ CHÍNH XÁC LƯỚI ĐO TRỌNG LỰC

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Loại lưới: Lưới điểm tựa trọng lực

Ngày đo: 01/10/2010

Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Người tính toán: Lê Thanh Hải

STT	Cạnh	Các chuyến đo	Δg	$\overline{\Delta g}$	δ_i	δ_i^2
1	TL-VBa-01	1	- 1,29		0,01	0,0001
		2	- 1,31		- 0,01	0,0001
		3	- 1,30	- 1,30	0	0
	TL-VBa-02	4	- 1,30		0	0
2	TL-VBa-02	1	9,56		- 0,01	0,0001
		2	9,58		0,01	0,0001
		3	9,56	9.57	- 0,01	0,0001
	TL-VBa-03	4	9,58		0,01	0,0001
3	TL-VBa-03	1	97,44		- 0,01	0,0001
		2	97,46		0,01	0,0001
		3	97,44	97,45	- 0,01	0,0001
	TL-VBa-04	4	97,46		0,01	0,0001
4	TL-VBa-04	1	- 105,70		0,01	0,0001
		2	- 105,72		- 0,01	0,0001
		3	- 105,71	- 105,71	0	0
	TL-VBa-01	4	- 105,71		0	0
Sai số khép W = 0,01					Σ = 0,0012	

Sai số trung phương của một trị đo trong lưới được xác định theo công thức:

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{4}\left(\sum_{i=1}^{4}\delta_i^2\right)_j}{4.(4-1)}} = \pm\sqrt{\frac{0,0012}{12}} = \pm\ 0,01\ \text{mGal}.$$

Sai số trung phương của giá trị trung bình của số gia gia tốc lực trọng trường trên các cạnh của lưới đo trọng lực:

$$m_{\overline{\Delta g}} = \frac{0,01}{\sqrt{4}} = 0,005\ \text{mGal}.$$

Sai số khép cho phép $W_{CP} = \pm 2 \text{ x } 0,01.\sqrt{\frac{4}{4}} = \pm\ 0,02\ \text{mGal}$.

Phụ lục 18a
KẾT QUẢ BÌNH SAI LƯỚI ĐO TRỌNG LỰC

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Loại lưới: Lưới điểm tựa trọng lực

Ngày đo: 01/10/2010

Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Người tính toán: Lê Thanh Hải

STT	Cạnh	$\Delta\bar{g}$	V_i	$\Delta\tilde{g}$
1	TL-VBa-01 - TL-VBa-02	- 1,30	- 0,0025	-1,302
2	TL-VBa-02 - TL-VBa-03	9.57	- 0,0025	9,568
3	TL-VBa-03 - TL-VBa-04	97,45	- 0,0025	97,448
4	TL-VBa-04 - TL-VBa-01	- 105,71	- 0,0025	- 105,712

$$\sum V^2 = \pm\ 0{,}000025$$

Sai số trung phương đơn vị trọng số sau bình sau:

$$\tilde{\mu} = \sqrt{\frac{0{,}000025}{4-1}} = \pm\ 0{,}003\ \text{mGal}.$$

Phụ lục 18b

CÁC GIA TỐC LỰC TRỌNG TRƯỜNG SAU BÌNH SAI CỦA CÁC ĐIỂM TRONG LƯỚI TRỌNG LỰC

Tên công trình: Cao Bằng - Đông Khê

Loại lưới: Lưới điểm tựa trọng lực

Ngày đo: 01/10/2010

Người đo: Kiều Huỳnh Phương

Người tính toán: Lê Thanh Hải

Điểm	Giá trị cuối cùng của gia tốc lực trọng trường $\tilde{g}$ (mGal)	$\Delta\tilde{g}$	Sai số trung phương của gia tốc lực trọng trường $m_{\tilde{g}}$ (mGal)
TL-VBa-01	978501,700		-
		-1,302	
TL-VBa-02	978500,398		0,003
		9,568	
TL-VBa-03	978509,966		0,003
		97,448	
TL-VBa-04	978607,414		0,003

MỤC LỤC

Mục 1. Quy định chung
Mục 2. Quy định kỹ thuật
Mục 3. Mạng lưới điểm tựa trọng lực
Mục 4. Mạng lưới điểm chi tiết
1. Các quy định chung đối với đo trọng lực chi tiết
2. Đo trọng lực chi tiết trên mặt đất
3. Đo trọng lực bằng máy trọng lực biển và máy trọng lực hàng không
3.1. Các quy định chung đối với đo trọng lực bằng máy trọng lực biển và máy trọng lực hàng không
3.2. Đo trọng lực bằng máy trọng lực biển
3.3. Đo trọng lực bằng máy trọng lực hàng không
Mục 5. Quy định kiểm tra và kiểm nghiệm các loại máy trọng lực
Mục 6. Quy trình tính toán các kết quả đo trọng lực
Mục 7. Quy định kiểm tra nghiệm thu và sản phẩm giao nộp
PHỤ LỤC
Phụ lục 1. Một số loại máy đo trọng lực mặt đất
Các loại máy đo ở Việt Nam
Phụ lục 2. Máy đo trọng lực hàng không TAGS Air III "TAGS Air III Gravity Meter" (Turnkey Airborne Gravity System)
Phụ lục 3. Máy đo trọng lực ZLS Dynamic Meter
Phụ lục 4. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm máy trọng lực GAG-2
Phụ lục 5. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm các máy trọng lực Z400 và GNU-KV
Phụ lục 6. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm máy đo trọng lực mặt đất ZLS
Phụ lục 7. Quy trình kiểm tra và kiểm nghiệm các máy đo trọng lực biển và trọng lực hàng không
Phụ lục 8. Sơ đồ cấu trúc mốc điểm tựa
Phụ lục 9. Sơ đồ dấu mốc điểm tựa trọng lực
Phụ lục 10. Quy định ký hiệu các vùng
Phụ lục 11. Bảng ghi chú điểm tựa trọng lực
Phụ lục 12. Biên bản giao nhận mốc tựa trọng lực
Phụ lục 13. Sổ đo điểm tựa trọng lực
Phụ lục 14. Sổ đo điểm trọng lực chi tiết
Phụ lục 15. Tính toán các số gia gia tốc lực trọng trường giữa các điểm tựa trọng lực
Phụ lục 16. Tính toán các số gia gia tốc lực trọng trường giữa các điểm chi tiết
Phụ lục 17. Đánh giá độ chính xác lưới đo trọng lực
Phụ lục 18a. Kết quả bình sai lưới đo trọng lực
Phụ lục 18b. Các gia tốc lực trọng trường sau bình sai của các điểm trong lưới trọng lực

VĂN PHÒNG CHÍNH PHỦ XUẤT BẢN

Địa chỉ: Số 1, Hoàng Hoa Thám, Ba Đình, Hà Nội
Điện thoại: 080.44946 – 080.44417
Fax: 080.44517
Email: congbao@chinhphu.vn
Website: http://congbao.chinhphu.vn
In tại: Xí nghiệp Bản đồ 1 - Bộ Quốc phòng

Giá: 10.000 đồng