



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
2-0001940

(51)⁷ **B64B 1/00, B64C 39/00**

(13) **Y**

(21) 2-2018-00317

(22) 14.02.2012

(67) 1-2012-00376

(45) 25.01.2019 370

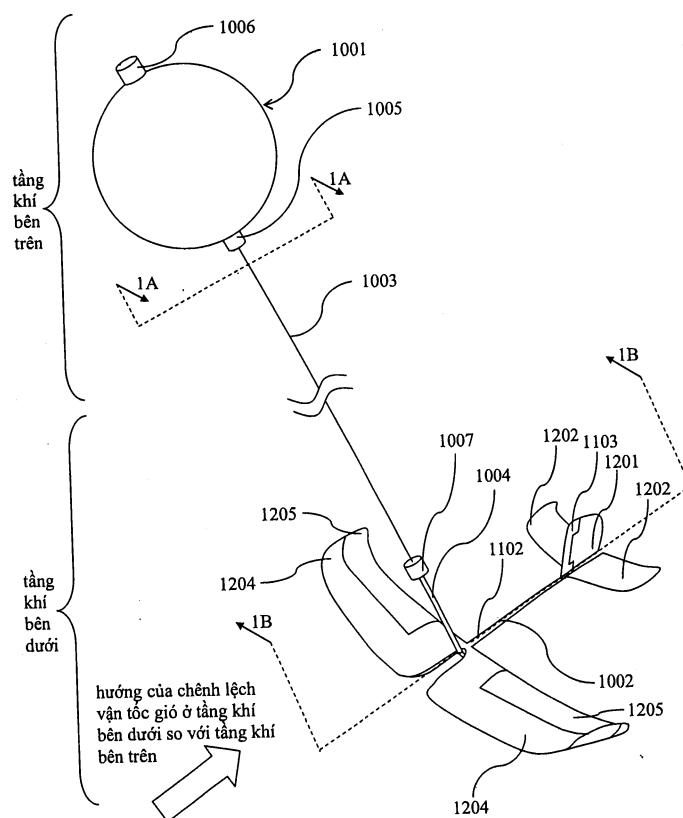
(43) 26.11.2012 296

(73) **VIỆN NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ FPT - TRƯỜNG ĐẠI HỌC FPT (VN)**
08, Tôn Thất Thuyết, Mỹ Đình, huyện Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) **Trần Thế Trung (VN)**

(54) **THIẾT BỊ BAY LÂU NĂM TRONG TẦNG BÌNH LƯU NHỜ SỨC GIÓ VÀ NHỜ
NHIỆT NĂNG MẶT TRỜI**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu của khí quyển trái đất nhờ chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng của khí quyển cách nhau chừng vài trăm mét và có thể tận dụng thêm nhiệt năng hấp thụ từ ánh sáng mặt trời. Quỹ đạo có thể điều khiển được giữa các dòng chuyển động của khí quyển theo phương ngang trên tầng bình lưu. Thiết bị có khả năng thay thế vệ tinh hoặc các máy bay trong một số ứng dụng như viễn thám, thông tin liên lạc, trinh sát,... . Trong quá trình vận hành, thiết bị không đòi hỏi nạp lại khí làm việc như trong khí cầu hê li, và không tiêu thụ điện năng hoặc cơ năng sản sinh từ động cơ nhiệt để duy trì độ cao.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến thiết bị có khả năng duy trì độ cao trong tầng thấp của tầng bình lưu của khí quyển trái đất, liên tục ngày đêm trong nhiều năm, theo một quỹ đạo có thể điều khiển được giữa các dòng chuyển động của khí quyển theo phương ngang, hoàn toàn nhờ vào sức gió thổi và có thể tận dụng thêm nhiệt năng hấp thụ từ ánh sáng mặt trời, thay thế vệ tinh hoặc các máy bay trong một số ứng dụng như viễn thám, thông tin liên lạc, trinh sát,...

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Các thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu của khí quyển trái đất có thể được sử dụng thay cho vệ tinh trong nhiều ứng dụng như chụp ảnh mặt đất, trinh sát, thông tin liên lạc. So với vệ tinh, chúng có ưu điểm là không đòi hỏi hạ tầng cơ sở tên lửa đẩy tốn kém - vốn chỉ có ở một số quốc gia và vùng lãnh thổ phát triển - mà chỉ cần cơ chế đưa lên cao đơn giản. Chẳng hạn, có thể đưa lên bằng khí cầu hê li, khi đã đạt độ cao thì có thể cắt bỏ khí cầu. Một số thiết bị được thiết kế để tự lên được độ cao mong muốn. Công nghệ này cho phép hầu như bất cứ quốc gia hay tổ chức nào cũng có thể tiếp cận tới tầng không gian gần vũ trụ.

Tuy nhiên, cho đến nay, không có nhiều thiết bị bay lâu dài, liên tục ngày đêm trong nhiều năm, ở tầng bình lưu của khí quyển trái đất, ổn định tại một vùng độ cao.

Khinh khí cầu chứa hê li có gắn động cơ cánh quạt chạy bằng năng lượng mặt trời (ví dụ như khí cầu mang tên HiSentinel của Viện nghiên cứu Tây Nam tại bang Texas, Hoa Kỳ) là một trong số các ý tưởng được quan tâm. Chúng lên được đến độ cao chừng 30km đến 40km. Để bay được lâu năm trên tầng bình lưu, cần có những chuyến bay từ mặt đất lên tới khinh khí cầu để mang hê li tiếp tế cho khí cầu, bù đắp cho lượng hê li bị thoát dần ra trong quá trình sử dụng. Việc bảo trì hoạt động một cách thường xuyên như vậy gây nên tốn kém.

Một hướng tiếp cận khác là sử dụng máy bay có cánh cố định với động cơ cánh quạt chạy bằng năng lượng mặt trời, trong đó cánh quạt tạo lực đẩy máy bay tiến về phía trước và cánh cố định tạo lực nâng cho máy bay, như trên thiết bị

NASA Helios Prototype của Cơ quan Hàng không Vũ trụ Hoa Kỳ. Trong hướng tiếp cận này, hầu hết điện năng được thiết bị sinh ra từ năng lượng mặt trời sẽ bị tiêu tốn vào việc duy trì độ cao của thiết bị. Đây là một nhược điểm so với khí cầu, vì ở khí cầu thì không cần có năng lượng thường xuyên để duy trì độ cao (ngoại trừ năng lượng dùng để bảo trì lượng heli trong khí cầu) - các cánh quạt ở khí cầu chỉ có mục đích điều chỉnh tọa độ của khí cầu theo phương ngang. Nhược điểm này dẫn đến lượng điện năng dành cho các tác vụ khác trên máy bay có cánh cố định - như dành cho vận hành các máy quan trắc và thông tin liên lạc - bị hạn chế hơn rất nhiều so với trên khí cầu.

Trong các thiết bị nêu trên, năng lượng mặt trời hoặc khí nhẹ được sử dụng để duy trì độ cao của thiết bị. Một nguồn năng lượng có thể khai thác được ở trên các tầng khí quyển, như tầng bình lưu, là năng lượng gió. Để khai thác được năng lượng gió, thiết bị cần có chênh lệch vận tốc so với tầng khí mà nó nằm bên trong. Một giải pháp, như được đề xuất trong công bố đơn đăng ký sáng chế Mỹ số US 2001025900 A1, là tận dụng chênh lệch tốc độ gió giữa các lớp khí ở các độ cao khác nhau. Theo công bố đơn đăng ký sáng chế Mỹ số US 2001025900 A1, thiết bị cần có hai thành phần nằm ở hai tầng khí có chênh lệch về độ cao, do đó có chênh lệch về tốc độ gió thổi, được kết nối với nhau qua dây nối. Một thành phần cản gió - gọi là thành phần (1) - sẽ kéo thành phần còn lại - gọi là thành phần (2) - chuyển động tương đối so với lớp khí gần thành phần (2), nhờ vào chênh lệch vận tốc gió giữa hai tầng khí, tạo ra lực nâng của gió lên thành phần (2) để giúp hệ thống duy trì độ cao.

Hệ thống theo công bố đơn đăng ký sáng chế Mỹ số US 2001025900 A1 có khả năng tận dụng năng lượng gió, do đó tổng nguồn cung năng lượng, gồm cả năng lượng gió và năng lượng mặt trời (ví dụ như được thu qua các pin mặt trời), sẽ dồi dào hơn các thiết bị khác, cho phép hệ thống vận hành được nhiều máy móc hơn. Tuy nhiên, hệ thống này gặp khó khăn trong việc duy trì độ cao ổn định, do tính chất biến thiên mạnh của tốc độ gió thổi. Khi không có chênh lệch tốc độ gió, hệ thống sẽ rơi xuống. Ngay cả khi thành phần 2 được điều khiển để liệng rơi chậm, lực cản lên thành phần 1 tiêu hao nhanh chóng thế năng của hệ thống và khiến hệ thống rơi nhanh. Kết quả là xác suất để hệ thống không duy trì được độ cao ổn định là lớn.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích này đề xuất thiết bị bay lâu năm trên tầng bình lưu của khí quyển trái đất, khắc phục được các nhược điểm như không đòi hỏi bảo trì trong quá trình sử dụng, không sử dụng hoặc sử dụng rất ít điện năng cho việc duy trì độ cao - do đó dành được nhiều điện năng cho vận hành máy móc trên thiết bị; xác suất duy trì độ cao lớn hơn, nhờ vào một số đặc điểm bổ sung như tận dụng năng lượng gió để duy trì độ cao, tận dụng nhiệt năng mặt trời vào ban ngày để duy trì độ cao, thay đổi lực cản trên các thành phần của hệ thống để có chế độ liệng chậm, ít cản gió, khi không có nguồn năng lượng gió và năng lượng mặt trời.

Theo phương án thứ nhất, thiết bị được đề xuất bao gồm một máy bay cánh cố định, có thể không trang bị động cơ, được nối qua dây với một khí cầu mặt trời.

Khí cầu mặt trời giống khí cầu thông thường, nhưng chứa không khí bên trong. Vào ban ngày, khí cầu hấp thụ ánh nắng mặt trời và không khí bên trong được làm nóng, nhẹ hơn và tạo lực nâng cho thiết bị.

Vào ban đêm, khí cầu có thể tạo lực nâng nhờ vào van gắn trên vỏ khí cầu để duy trì áp suất bên trong khí cầu thấp hơn áp suất khí quyển bên ngoài, khiến cho không khí bên trong loãng và nhẹ hơn không khí bên ngoài. Nếu không có van, khi chuyển từ ngày sang đêm, không khí trong khí cầu nguội lại, áp suất giảm, không khí từ bên ngoài sẽ vào trong khí cầu để cân bằng áp suất. Việc lắp van sẽ chặn dòng khí từ bên ngoài vào trong khí cầu, và duy trì chênh lệch áp suất phù hợp.

Tuy nhiên, áp suất chênh lệch được duy trì vào ban đêm có thể chưa đủ nâng, vì áp suất không thể chênh quá ngưỡng chịu nén của khí cầu. Trong một số phương án, để giảm trọng lượng, khí cầu không chịu nén và sẽ không có áp suất chênh. Khi khí cầu không nâng được thiết bị, nó sẽ bị treo dưới máy bay cánh cố định của thiết bị.

Trong điều kiện có chênh lệch tốc độ gió theo độ cao ở mức phù hợp, lớp khí ở tầng của khí cầu, có vận tốc chênh lệch theo phương ngang so với lớp khí ở tầng máy bay, sẽ kéo khí cầu đi theo, và thông qua dây nối, sẽ kéo máy bay chuyển động tương đối so với lớp khí ở tầng máy bay. Khi đó sẽ có lực nâng lên cánh máy bay, duy trì độ cao cho cả hệ thống. Đây là cơ chế quan trọng giúp thiết bị duy trì

độ cao vào ban đêm.

Khi chênh lệch tốc độ gió yếu, hệ thống sẽ không có đủ lực nâng và sẽ bị rơi; khi đó máy bay sẽ lướt xuống, chuyển thể năng thành động năng, và tạo lực nâng để làm chậm quá trình rơi. Hệ thống được thiết kế để qua mỗi đêm, khi ngày mới bắt đầu, thiết bị vẫn chưa xuống đến độ cao thấp hơn các tầng mây, và nó sẽ được nâng trở lại độ cao mong muốn bằng khí cầu mặt trời vào ban ngày.

Như vậy, nguồn năng lượng để duy trì độ cao của thiết bị được phân bổ như sau: vào ban ngày, thiết bị dùng năng lượng mặt trời nhưng không cần dùng pin mặt trời, vào ban đêm thiết bị dùng năng lượng gió.

Theo phương án thứ hai, thiết bị khác biệt với phương án trên ở chỗ khí cầu mặt trời được thay bằng cánh điều có khả năng thay đổi mức cản gió. Trong toàn bộ thời gian của một ngày, thiết bị hoạt động ở một trong hai chế độ: khi có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các tầng khí chứa thiết bị, cánh điều được chuyển sang chế độ cản gió nhiều, để kéo máy bay chuyển động tương đối so với tầng khí quanh máy bay, tạo lực nâng cho cả hệ thống bay lên cao; khi không có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các tầng khí chứa thiết bị, cánh điều được chuyển sang chế độ ít cản gió, để cùng với máy bay liệng trong tầng khí, với tốc độ rơi cực tiểu.

Phương án thiết kế thứ hai không tận dụng nhiệt năng mặt trời vào ban ngày, tuy nhiên, sức cản lên hệ thống có thể được thay đổi tại bất cứ thời điểm nào trong ngày, cho phép thực hiện thêm các thao tác duy trì tọa độ địa lý mong muốn, trong một số điều kiện gió thổi phù hợp.

Nếu không trang bị động cơ cánh quạt chạy bằng pin mặt trời, các thiết bị nêu trên sẽ trôi trên phương ngang theo dòng khí trên tầng bình lưu. Các cánh lái trên máy bay của thiết bị có thể bẻ lái cho thiết bị chuyển làn giữa các dòng chảy của khí, cho phép điều khiển ở mức độ nhất định quỹ đạo bay của thiết bị.

Trong trường hợp muốn duy trì quỹ đạo bay của thiết bị ở vị trí đủ gần một tọa độ địa lý nhất định, với phương án thiết kế thứ hai, có thể thực hiện lặp lại hai thao tác bay như sau:

thao tác bay lên: cánh điều được chuyển sang chế độ cản gió nhiều,
thiết bị trôi theo dòng khí;

thao tác hạ xuống: cánh điều được chuyển sang chế độ cản gió ít, các

cánh lái máy bay được điều chỉnh để thiết bị rơi liệng xuống, ngược chiều dòng khí, trở lại tọa độ địa lý mong muốn.

Ngoài ra, việc quay trở lại tọa độ địa lý mong muốn còn có thể được hỗ trợ bởi động cơ cánh quạt chạy bằng pin mặt trời trên máy bay, nếu máy bay được trang bị hệ thống này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ tổng quan của một phương án thiết kế được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này; đồng thời thể hiện chế độ bay ban ngày của thiết bị này;

Hình 1A là hình vẽ phóng đại mặt cắt, theo mặt 1A-1A được chỉ ra trong Hình 1, của cơ cấu kết nối từ dây nối vào khí cầu mặt trời;

Hình 1B là hình vẽ phóng đại mặt cắt, theo mặt 1B-1B được chỉ ra trong Hình 1, của máy bay và cơ cấu kết nối từ dây nối vào máy bay;

Hình 2 là biểu đồ xác suất xuất hiện chênh lệch tốc độ gió giữa hai độ cao chênh nhau 100m tại tầng bình lưu thấp, theo nghiên cứu của Cadet, Vertical wind shear measurements in the lower stratosphere, Quart. J. R. Met. SOC. (1975), 101, pp. 485-493;

Hình 3 là hình vẽ tổng quan của thiết bị mô tả trên Hình 1 ở chế độ bay ban đêm;

Hình 4 là biểu đồ kết quả đo tốc độ gió thổi tại các độ cao từ 0km đến trên 15km, theo nghiên cứu của Cadet, Vertical wind shear measurements in the lower stratosphere, Quart. J. R. Met. SOC. (1975), 101, pp. 485-493;

Hình 5 là biểu đồ mô phỏng biến đổi độ cao của một phiên bản của thiết bị mô tả trên Hình 1 trong nhiều ngày;

Hình 6A là trường vector gió theo phương ngang lấy trung bình từ năm 1979 đến 2001 ở vùng gần Việt Nam tại độ cao tầng thấp của tầng bình lưu, theo dữ liệu đo đạc 40 năm ERA-40 của ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, Trung tâm châu Âu cho dự báo thời tiết tầm trung hạn); Hình 6B là hình vẽ quỹ đạo bay của thiết bị mô tả trên Hình 1, mô phỏng cho một phương án vận hành thiết bị bay xuất phát từ một vị trí ở miền bắc Việt Nam, trong trường vector gió theo phương ngang được mô tả trên Hình 6A;

Hình 7 là hình vẽ tổng quan của một phương án thiết kế khác được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này; đồng thời thể hiện chế độ bay khi có chênh lệch vận

tốc gió đủ lớn giữa các tầng khí quyển chứa thiết bị;

Hình 7A là hình vẽ phóng đại mặt cắt, theo mặt 7A-7A được chỉ ra trong Hình 7, của bộ phận cánh điều có khả năng thay đổi mức cản gió và cơ cấu kết nối từ dây nối vào cánh điều này;

Hình 8 là hình vẽ tổng quan của thiết bị được mô tả trong Hình 7 thể hiện chế độ bay khi không có chênh lệch vận tốc gió đủ lớn giữa các tầng khí quyển chứa thiết bị, hoặc khi thiết bị được điều khiển để hạ cánh.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Hình 1 mô tả các thành phần của phương án thiết kế thứ nhất cho thiết bị được đề xuất bởi giải pháp hữu ích này; đồng thời thể hiện chế độ bay ban ngày của thiết bị. Thiết bị này bao gồm khí cầu mặt trời 1001, có van điều khiển áp suất 1006; máy bay 1002 có các thành phần thân máy bay 1102 có một khe hở từ phía đầu máy bay tới khối tâm của máy bay, cánh nâng chính 1204, cánh liệng 1205 (có thể không có trong một số thiết kế), đuôi đứng 1103, cánh lái đuôi 1201, cánh lái độ cao 1202 tại đuôi; dây nối 1003, một đầu nối với khí cầu 1001 qua cơ cấu 1005 và đầu còn lại nối với máy bay 1002 qua thanh 1004 cùng với cơ cấu 1007.

Ngoài ra, thiết bị còn có thể mang theo các máy móc quan trắc, thông tin liên lạc, nguồn năng lượng dự trữ,... tùy theo mục đích sử dụng, không được thể hiện trong hình vẽ.

Khí cầu mặt trời 1001 được tạo bởi một vỏ, có hình cầu như trong Hình 1, hoặc các hình khối khác, làm bằng vật liệu hấp thụ ánh nắng mặt trời, cách nhiệt tốt và nhẹ. Ví dụ cho thiết kế của vỏ là vài lớp nylon mỏng cách nhau bởi không khí bơm ở áp suất nhất định (có thể cao hơn áp suất không khí tại môi trường xung quanh một chút) để giữ ổn định hình dạng cầu, lớp vỏ trong cùng pha tạp chất màu đen, còn các lớp bên ngoài trong suốt. Một ví dụ khác của vỏ là hình khối rỗng làm bằng vật liệu aerogel, có pha tạp chất màu đen hấp thụ ánh nắng mặt trời, hoặc được bôi đen ở mặt trong. Aerogel có khối lượng riêng nhỏ (chừng vài kilôgam/mét khối) và khả năng cách nhiệt tốt (hệ số dẫn nhiệt cỡ 10^{-2} W/mK).

Lớp vỏ gồm nhiều lớp nylon có thể có chi phí thấp hơn vỏ bằng aerogel. Tuy nhiên, để duy trì áp suất khí giữa các lớp nylon, và ổn định hình dạng cầu của vỏ, có thể cần bố trí thêm máy bơm nén khí, chạy bằng pin mặt trời, hoạt động những lúc áp suất của lớp vỏ giảm xuống dưới một ngưỡng nhất định.

Bố trí này, không được trình bày trên Hình 1, làm tăng độ phức tạp của hệ thống và là một nhược điểm của thiết kế vỏ nylon so với thiết kế dùng aerogel.

Vào ban ngày, khí cầu vẫn trong tầng bình lưu, do hầu như không có mây che mất ánh nắng, toàn bộ thiết diện tròn của khí cầu hứng ánh nắng mặt trời và khí cầu, cùng với không khí bên trong nó, nóng lên đến nhiệt độ cân bằng T_1 . Tại nhiệt độ cân bằng T_1 , nhiệt năng hấp thụ từ ánh nắng ($Q_{\text{hấp thụ}}$) bằng với nhiệt năng tỏa ra môi trường xung quanh từ khí cầu ($Q_{\text{tỏa nhiệt}}$).

$$Q_{\text{hấp thụ}} = S * P * h; \quad [1]$$

$$Q_{\text{tỏa nhiệt}} = (T_1 - T_0) * S_0 * k / d; \quad [2]$$

$$Q_{\text{hấp thụ}} = Q_{\text{tỏa nhiệt}} \quad [3]$$

Trong các công thức trên, S là thiết diện hấp thụ (đối với hình cầu bán kính r , $S=\pi r^2$), P là công suất bức xạ mặt trời trên mỗi đơn vị diện tích hứng nắng vuông góc với tia nắng đi tới (khoảng 1300W/m^2), h là hệ số hấp thụ (ví dụ 0,7), T_0 là nhiệt độ môi trường xung quanh, S_0 là diện tích vỏ khí cầu (đối với hình cầu bán kính r , $S_0=4\pi r^2$), k là hệ số dẫn nhiệt trung bình của vỏ quả cầu, d là độ dày của vỏ quả cầu.

Trong cùng điều kiện môi trường và hình dạng khí cầu không đổi, nếu vỏ khí cầu càng cách nhiệt tốt (tức k càng nhỏ) thì nhiệt độ cân bằng T_1 càng cao.

Không khí nóng trong thể tích V không đổi của khí cầu (ở nhiệt độ $T_1 > T_0$ của môi trường), nếu không được cho thoát ra bên ngoài, sẽ tạo ra áp suất p cao, do phương trình khí lý tưởng:

$$pV = nRT_1 \quad (n \text{ là số hạt không khí trong khí cầu, } R \text{ là hằng số khí}) \quad [4]$$

Van 1006 cho phép khí nóng ở áp suất cao hơn đi ra ngoài, khiến cho khối lượng riêng của không khí trong khí cầu giảm xuống, tạo lực nâng Acsimet cho khí cầu.

Nhiệt độ khí cầu càng cao thì khối lượng riêng của khí càng giảm và lực đẩy Acsimet càng lớn. Như vậy, nếu thiết kế vỏ khí cầu cách nhiệt càng tốt thì lực đẩy Acsimet lên khí cầu càng mạnh.

Do tác động ngẫu nhiên của gió, khí cầu có thể xoay trong không khí. Để đảm bảo dây nối 1003 kết nối với khí cầu không bị xoắn theo, dây 1003 được kết nối với khí cầu 1001 qua cơ cấu 1005. Dây nối 1003 dài cỡ hàng trăm mét, vào ban

ngày, có chức năng treo máy bay 1002 nằm dưới khí cầu 1001.

Hình 1A cho thấy mặt cắt của cơ cấu 1005, cắt theo mặt 1A-1A được chỉ ra trên Hình 1. Hình 1A thể hiện dây nối 1003 kết nối với khí cầu 1001 qua ổ bi 1101 nằm trong cơ cấu 1005. Ổ bi 1101 cho phép khí cầu và dây nối được tự do xoay quanh nhau, trong khi vẫn kết nối với nhau.

Hình 1B là hình vẽ mặt cắt của máy bay 1002 cùng với thanh nối 1004 và cơ cấu 1007 gắn dây nối 1003 vào thanh nối 1004, cắt theo mặt 1B-1B được chỉ ra trên Hình 1, là mặt phẳng đối xứng của máy bay 1002. Hình 1B cho thấy các thành phần của máy bay gồm một nửa cánh nâng chính 1204 nằm sau mặt cắt, cùng với cánh liệng 1205 của cánh nâng chính này; mặt cắt phần thân máy bay 1102; mặt cắt đuôi đứng 1103; mặt cắt cánh lái đuôi 1201; một nửa cánh lái độ cao 1202 nằm sau mặt cắt, được điều khiển quay quanh trục 1208 vuông góc với mặt cắt (song song với chiều dài của cánh nâng chính 1204 và chiều dài của tâm 1202).

Trên máy bay còn có các động cơ điều khiển quay các cánh liệng 1205, cánh lái độ cao 1202 và cánh lái đuôi 1201, cùng với nguồn điện (có thể dùng pin mặt trời kèm tụ hoặc ắc quy dự trữ), bộ vi điều khiển cũng như hệ thống thông tin liên lạc (nếu có), không được trình bày trên Hình 1 và Hình 1B. Trong trường hợp máy bay được thiết kế với các cánh liệng 1205, cánh lái độ cao 1202 và cánh lái đuôi 1201 cố định (không quay) thì không cần các bộ phận điều khiển nêu trên.

Dây nối 1003 không gắn kết trực tiếp lên máy bay, mà thông qua thanh nối 1004 và cơ cấu nối 1007. Thanh nối 1004, có khối lượng nhỏ hơn nhiều so với khối lượng máy bay, xoay quanh trục 1206 song song với trục 1208 và đi qua khối tâm của máy bay 1002. Thanh 1004 có đường kính ngang nhỏ hơn độ rộng của khe xê trên thân máy bay 1102 ở phía đầu máy bay, đảm bảo cho thanh 1004 không bị va chạm vào thân máy bay khi thanh này quay quanh trục 1206 trong dải góc quay khoảng ± 90 độ so với phương nối từ trục xoay đến đầu máy bay. Độ dài của thanh 1004 dài hơn độ dài từ trục 1206 đến đầu máy bay, đảm bảo cho việc dây nối 1003 không bị mắc vào máy bay trong quá trình thanh nối 1004 xoay quanh trục 1206. Dây nối 1003 kết nối với thanh nối 1004 qua ổ bi 1207 nằm trong cơ cấu 1007, tương tự như ở cơ cấu 1005, cho phép dây 1003 và thanh 1004 xoay tự do quay nhau theo trục quay của ổ bi 1207 trong khi vẫn kết nối với nhau.

Kết nối giữa dây 1003 và máy bay 1002 qua thanh 1004 cho phép thiết bị

chuyển từ trạng thái ban ngày, trong đó khí cầu nằm trên cao, máy bay được treo bên dưới, sang trạng thái bay ban đêm, trong đó khí cầu nằm bên dưới, còn máy bay bay trên cao, và ngược lại mà đảm bảo dây nối 1003 không bị vướng vào các cánh hoặc các bộ phận khác trên máy bay 1002.

Vào ban ngày, ngoài lực nâng Acsimet lên khí cầu, như đã trình bày bên trên, còn có thể có lực nâng (có thể yếu hơn) lên các cánh nâng chính của máy bay, nhờ vào chênh lệch vận tốc gió thổi giữa tầng khí quyển chứa khí cầu và tầng khí quyển chứa máy bay.

Hình 2 là biểu đồ xác suất có chênh lệch tốc độ gió thổi giữa hai độ cao cánh nhau 100m ở tầng thấp của tầng bình lưu (tại độ cao chừng 12km), theo kết quả thực nghiệm tại Nam Phi từ cuối tháng 6 đến đầu tháng 8 năm 1970 của Cadet, Vertical wind shear measurements in the lower stratosphere, Quart. J. R. Met. SOC. (1975), 101, pp. 485-493. Phần lớn thời gian, chênh lệch tốc độ gió giữa hai độ cao cách nhau 100m luôn lớn hơn 1m/s.

Do khí cầu cản gió nhiều hơn nhiều lần so với máy bay, mỗi khi có chênh lệch vận tốc gió thổi giữa tầng khí quyển chứa khí cầu và tầng khí quyển chứa máy bay, thiết bị sẽ chuyển động theo phương ngang ở trạng thái cân bằng sao cho khí cầu chuyển động ít so với không khí xung quanh nó, còn máy bay thì chuyển động nhiều so với không khí xung quanh nó, để lực cản của không khí tác động lên khí cầu cân bằng với lực cản của không khí tác động lên máy bay:

$$F_{\text{cản khí cầu}} = \frac{1}{2} * \rho * v_{\text{khí cầu}}^2 * C_{\text{khí cầu}} * S_{\text{khí cầu}}; \quad [5]$$

$$F_{\text{cản máy bay}} = \frac{1}{2} * \rho * v_{\text{máy bay}}^2 * C_{\text{máy bay}} * S_{\text{máy bay}}; \quad [6]$$

$$F_{\text{cản khí cầu}} = F_{\text{cản máy bay}}. \quad [7]$$

Trong các phương trình trên, ρ là khối lượng riêng không khí xung quanh thiết bị, $v_{\text{khí cầu}}$ và $v_{\text{máy bay}}$ lần lượt là tốc độ khí cầu so với không khí xung quanh, và tốc độ máy bay so với không khí xung quanh, $C_{\text{khí cầu}}$ và $S_{\text{khí cầu}}$ lần lượt là hệ số cản và thiết diện cản gió của khí cầu (với khí cầu hình cầu bán kính r , $C_{\text{khí cầu}}=0,47$ còn $S_{\text{khí cầu}}=\pi r^2$) và, tương tự, $C_{\text{máy bay}}$ và $S_{\text{máy bay}}$ lần lượt là hệ số cản và thiết diện cản gió của máy bay ($C_{\text{máy bay}} * S_{\text{máy bay}} < C_{\text{khí cầu}} * S_{\text{khí cầu}}$).

Lưu ý trong các phương trình trên,

$$|v_{\text{khí cầu}}| + |v_{\text{máy bay}}| = c \quad [8]$$

với c là chênh lệch tốc độ gió giữa tầng khí quyển chứa khí cầu và tầng khí quyển chứa máy bay. Điều này dẫn đến hệ quả là nếu chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển càng cao thì khí cầu và máy bay chuyển động càng nhanh so với không khí xung quanh chúng.

Khi máy bay chuyển động so với không khí xung quanh, đuôi đứng 1103 của máy bay định hướng cho nó đối mặt với dòng khí thổi tới nó, và dòng khí này tạo lực nâng lên cánh nâng chính 1204 của máy bay. Điều này tạo ra tổng cộng hai cơ chế nâng thiết bị: nâng nhờ lực đẩy Acsimet lên khí cầu, duy trì bởi nhiệt năng mặt trời, và nâng nhờ lực nâng của gió, duy trì bởi chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển.

Lực nâng của gió, nói chung, sẽ không đẩy máy bay lên cao sát với khí cầu, do khi máy bay lên cao, chênh lệch độ cao giữa máy bay và khí cầu là nhỏ, dẫn đến chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển là nhỏ (do chênh lệch tốc độ gió có thể coi gần đúng là tỷ lệ thuận với chênh lệch độ cao, trong giới hạn chênh lệch độ cao chừng vài trăm mét). Chênh lệch tốc độ gió nhỏ sẽ không duy trì lực nâng lớn lên máy bay, và máy bay sẽ rơi trở lại đến một độ cao cân bằng nào đó.

Vào ban đêm, không có ánh nắng chiếu vào, khí cầu sẽ nguội lại đến nhiệt độ bằng với nhiệt độ môi trường. Nhiệt độ giảm khiến áp suất khí trong khí cầu giảm theo phương trình khí lý tưởng [4], nếu van 1006 (xem Hình 1) không cho phép không khí bên ngoài tràn vào khí cầu. Chừng nào không khí bên ngoài chưa tràn vào trong khí cầu thì khối lượng riêng không khí bên trong chưa thay đổi và lực đẩy Acsimet lên khí cầu vẫn được duy trì. Tuy nhiên, chênh lệch áp suất lớn có thể khiến khí cầu bị biến dạng (móp vào); do đó, để bảo vệ khí cầu, khi chênh lệch áp suất đến ngưỡng nguy hiểm, van 1006 cần cho phép không khí bên ngoài tràn vào. Khi đó khối lượng riêng của khí bên trong khí cầu tăng lên, và lực đẩy Acsimet là nhỏ. Nếu lực đẩy này không đủ nâng khí cầu, khí cầu sẽ rơi tự do xuống cho đến khi được giữ lại bởi dây treo 1003.

Hình 3 minh họa tư thế của thiết bị trong chế độ bay ban đêm, trong đó khí cầu 1001 được treo ở bên dưới máy bay 1002 nhờ vào dây 1003. Khí cầu lúc này chỉ đóng vai trò khai thác chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí để kéo máy bay chuyển động tương đối so với không khí quanh nó, tạo ra lực nâng lên cánh nâng chính 1204 của máy bay. Chỉ còn chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng không khí

tạo ra lực nâng lên cánh máy bay giúp duy trì độ cao cho thiết bị. Trong những lúc chênh lệch tốc độ gió nhỏ, thiết bị có thể không có đủ lực nâng và sẽ mất độ cao. Tuy nhiên quá trình mất độ cao diễn ra trong mỗi đêm được làm chậm nhờ vào khả năng liệng của máy bay. Ví dụ, với tốc độ mất độ cao trung bình chừng 0,1 m/s, sau khoảng 12 tiếng đồng hồ mỗi đêm, thiết bị sẽ rơi xuống thấp hơn ban ngày khoảng 4,3 km. Nếu độ cao bay ổn định ban ngày là 20 km, thì độ cao của thiết bị vào sáng sớm mỗi ngày là xấp xỉ 16 km, vẫn trong giới hạn của tầng thấp của tầng bình lưu. Toàn bộ quá trình vận hành của thiết bị vẫn nằm trong tầng bình lưu, nơi ít có các hiện tượng thời tiết cực đoan và thoát khỏi mây che để luôn có đủ ánh nắng mặt trời vào ban ngày.

Hình 4, cũng từ Cadet, Vertical wind shear measurements in the lower stratosphere, Quart. J. R. Met. SOC. (1975), 101, pp. 485-493 cho thấy ba số liệu (ứng với ký hiệu (1), (2) và (3) trên hình) đo biến đổi độ lớn của tốc độ gió theo độ cao, từ 0 km lên trên 15 km. Từ 10 km đến 15 km là ranh giới giữa tầng bình lưu và tầng đối lưu, chênh lệch tốc độ gió biến thiên mạnh. Từ 15 km trở lên đến khoảng 17 km, chênh lệch tốc độ gió khá ổn định ở mức cao (gió tầng dưới có tốc độ lớn hơn tầng trên).

Để đảm bảo sự vận hành ổn định, cần thiết kế trần bay ban ngày nằm cao hơn 17 km, ví dụ từ 17 km đến 20 km, để vào ban đêm, thiết bị rơi xuống tầng 15 km đến 17 km, gặp vùng có chênh lệch tốc độ gió được duy trì ở mức cao, tạo điều kiện bay nhờ chênh lệch tốc độ gió tốt nhất.

Độ cao của trần bay ban ngày phụ thuộc vào khối lượng riêng trung bình tối thiểu của thiết bị (do đó phụ thuộc vào khối lượng của thiết bị, thể tích của thiết bị, kích thước khí cầu, nhiệt độ tối đa T_1 của không khí trong khí cầu vào ban ngày, và tương ứng với nhiệt độ tối đa T_1 là hệ số dẫn nhiệt của khí cầu). Ở độ cao bay ban ngày ổn định, nếu coi lực nâng của gió lên cánh nâng chính của máy bay là nhỏ hơn nhiều so với lực đẩy Acsimet thì khối lượng riêng trung bình của thiết bị bằng với khối lượng riêng không khí xung quanh, theo phương trình lực đẩy Acsimet, F_{Acsimet} , cân bằng với trọng lượng thiết bị, $F_{\text{trọng lượng}}$:

$$F_{\text{Acsimet}} = \rho * V * g; \quad [9]$$

$$F_{\text{trọng lượng}} = m * g; \quad [10]$$

$$F_{\text{Acsimet}} = F_{\text{trọng lượng}}. \quad [11]$$

Trong các phương trình trên ρ là khối lượng riêng không khí, V là thể tích của thiết bị (choán chỗ trong không khí) g là gia tốc trọng trường, m là khối lượng thiết bị. Lưu ý rằng, khối lượng riêng của không khí giảm dần theo độ cao. Thiết bị không thể bay lên trên độ cao cân bằng, do khi lên cao hơn, khối lượng riêng không khí giảm, khiến lực đẩy Acsimet giảm và thiết bị sẽ rơi xuống. Thiết bị cũng không thể bay xuống thấp hơn độ cao cân bằng, do khi xuống thấp, khối lượng riêng không khí tăng, khiến lực đẩy Acsimet tăng, đẩy thiết bị lên cao trở lại vị trí cân bằng.

Hình 5 là biểu đồ của độ cao bay của thiết bị trong vòng gần 7 ngày trong mô phỏng ở điều kiện sau:

khí cầu 1001 làm bằng aerogel:

- bán kính 1,8 m;
- vỏ dày 2 mm;
- khối lượng riêng vỏ aerogel là 2 kg/m^3 ;
- hệ số dẫn nhiệt $0,01 \text{ W/mK}$;
- hệ số hấp thụ ánh nắng Mặt Trời 0,7;

máy bay 1002 làm bằng màng nylon căng trên khung nhựa:

- sải cánh 20 m;
- bề rộng cánh nâng chính 1 m;
- hệ số cản gió 0,02;
- khối lượng 0,24 kg;

dây nối 1003:

- dài 400 m;
- khối lượng 0,02 kg;

chênh lệch tốc độ gió từ độ cao 15 km đến 20 km là ngẫu nhiên và tuân theo phân bố ở Hình 2; giả thiết rằng chênh lệch tốc độ gió tỷ lệ thuận với chênh lệch độ cao - tức là với chênh lệch độ cao cỡ độ dài dây nối, 400 m, thì giá trị chênh lệch tốc độ gió sẽ gấp $400/100=4$ lần các giá trị trên Hình 2.

Vào ban ngày, độ cao bay của thiết bị từ 18,8 km đến 19 km, có dao động là do thay đổi chênh lệch tốc độ gió, dẫn đến thay đổi lực nâng lên cánh máy

bay. Vào ban đêm thiết bị có độ cao bay dao động mạnh hơn, từ 18 km đến 18,4 km.

Với điều kiện có chênh lệch tốc độ gió ổn định, luôn tuân theo phân bố ở Hình 2, thì thiết bị không bị rơi tự do trong cả đêm mà chỉ bị rơi trong những khoảng thời gian ngắn và rồi lại được nâng lên sau đó. Trong suốt đêm độ cao dao động quanh một giá trị trung bình (cỡ 18,2 km trong mô phỏng ở Hình 5). Đây là giá trị cân bằng của độ cao bay ban đêm. Sở dĩ có giá trị cân bằng này là do lực nâng lên cánh máy bay 1002 của thiết bị không chỉ phụ thuộc vào tốc độ gió thổi tới máy bay này (liên hệ với chênh lệch tốc độ gió thổi giữa các tầng khí) mà còn phụ thuộc vào khối lượng riêng không khí xung quanh máy bay 1002, theo công thức:

$$F_{\text{nâng máy bay}} = 1/2 * \rho * v_{\text{máy bay}}^2 * C_{\text{nâng máy bay}} * S_{\text{nâng máy bay}}. \quad [12]$$

Trong công thức trên, các giá trị ρ và $v_{\text{máy bay}}$ có cùng ý nghĩa với công thức [6], $C_{\text{nâng máy bay}}$ là hệ số nâng của máy bay 1002 (vào cỡ trên dưới 1), $S_{\text{nâng máy bay}}$ là diện tích của cánh nâng chính 1204 của máy bay 1002. Do khối lượng riêng không khí ρ giảm với độ cao, nếu độ cao của thiết bị lớn hơn giá trị cân bằng, khối lượng riêng không khí giảm, khiến lực nâng $F_{\text{nâng máy bay}}$ giảm và không duy trì được độ cao cho thiết bị, thiết bị sẽ bị trọng lực kéo xuống vị trí cân bằng. Tương tự, nếu thiết bị bay thấp hơn độ cao cân bằng, khối lượng riêng không khí ρ tăng, khiến lực nâng $F_{\text{nâng máy bay}}$ tăng, kéo thiết bị lên tới vị trí cân bằng.

Việc lượn xuống của máy bay 1002 - khi chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng là yếu vào ban đêm - có thể được thực hiện theo vòng xoáy tròn ốc, bằng cách điều chỉnh phù hợp các cánh lái đuôi 1201 và cánh lượn 1205. Trong chế độ lượn xuống này, máy bay 1002 sẽ khiến khí cầu 1001 bên dưới cũng rơi xuống theo vòng tròn xoắn ốc. Ngay khi có chênh lệch tốc độ gió lớn, do quỹ đạo vòng xoáy ốc của khí cầu, luôn có lúc khí cầu bay đối ngược với chiều gió, tạo lực cản mạnh kéo được máy bay bay lên trở lại. Để có thể chủ động điều khiển cánh lái đuôi 1201 và cánh lượn 1205 cho máy bay lượn vòng tròn xuống khi thiết bị mất độ cao, cần có cảm biến độ cao hoặc cảm biến lực nâng lên cánh máy bay hoặc cảm biến gia tốc của thiết bị, cùng với bộ vi điều khiển, động cơ điều khiển cánh lái đuôi 1201 và cánh lượn 1205 và nguồn điện kèm theo (không được trình bày trên

các Hình 1, Hình 1B và Hình 3). Ngoài chế độ liệng xuống nêu trên, cũng có thể có chế độ liệng khác, như liệng theo chiều luôn ngược với chiều gió thổi.

Khi ngày mới bắt đầu, khí cầu lại nhận được ánh nắng mặt trời để tăng nhiệt độ và bay lên độ cao cân bằng ban ngày. Trong quá trình bay lên, ngay khi chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng giảm, máy bay không bay lên theo kịp do thiếu lực nâng của gió, sẽ bị rơi xuống phía dưới. Thiết bị trở lại trạng thái vận hành vào ban ngày như trên Hình 1.

Nếu xuất phát từ mặt đất, thiết bị có thể được đưa lên cao đến độ cao bay ổn định ở tầng bình lưu, bằng một trong số các cách sau: gắn với thiết bị với một khí cầu hê li, và khi thiết bị đạt được độ cao mong muốn thì một cơ chế trên khí cầu hê li sẽ kích hoạt để tách rời; khí cầu hê li khỏi thiết bị (gần giống như đề xuất trong bằng độc quyền sáng chế Mỹ số US 7530527 B2); chở thiết bị lên bằng máy bay có động cơ chuyên dụng và thả ra tại độ cao mong muốn; chọn ngày có nắng chiếu xuống mặt đất và khí cầu mặt trời trên thiết bị hấp thu ánh nắng để có lực nâng Acsimet bay lên độ cao ổn định vào ban ngày.

Trong các phương án trên, phương án cuối cùng cho phép tự thân thiết bị có thể đi lên độ cao mong muốn, tuy nhiên đòi hỏi điều kiện thời tiết phù hợp.

Một khi đã ở trên cao, thiết bị sẽ vận hành ở độ cao đó trong thời gian dài mà không cần bảo trì. Nếu không có cơ chế điều khiển nào khác, thiết bị sẽ trôi theo các dòng luân chuyển của không khí trên tầng bình lưu theo phương ngang một cách thụ động. Nhiều khả năng, nếu đi theo các dòng này, thiết bị sẽ dần hội tụ về phía cực Bắc hoặc cực Nam trái đất, như theo các nghiên cứu về hệ thống Global Constellation of Stratospheric Scientific Platforms của NASA (Cơ quan Hàng không Vũ trụ Hoa Kỳ), chẳng hạn của Nock et. al., Global stratospheric balloon constellations, *Advances in Space Research*, Volume 30, Issue 5, 2002, pp 1233-1238.

Để có quỹ đạo bay chủ động hơn, có thể điều khiển cánh lái đuôi 1201 và cánh liệng 1205 trên máy bay 1002 để hướng thiết bị chuyển dịch giữa các dòng chảy khí quyển khác nhau và tiếp giáp với nhau trên tầng bình lưu.

Hình 6A minh họa một ví dụ cho trường vector gió theo phương ngang lấy trung bình từ năm 1979 đến 2001 ở vùng gần Việt Nam tại độ cao tầng thấp của tầng bình lưu, theo dữ liệu đo đạc 40 năm ERA-40 của ECMWF (European Centre

for Medium-Range Weather Forecasts - Trung tâm Dự báo thời tiết tầm trung hạn châu Âu). Trên Hình 6A, độ dài của các vector thể hiện độ lớn của tốc độ gió thổi, và hướng của các vector thể hiện hướng gió. Độ dài của vector mẫu trong khung bên trái phía dưới ứng với tốc độ gió 10m/s.

Hình 6B minh họa mô phỏng quỹ đạo (đường nét đậm) của thiết bị có cùng thông số thiết kế với thiết bị được mô phỏng trong Hình 5, được thả xuất phát từ độ cao 19 km phía trên một địa điểm tại miền bắc Việt Nam, có cánh lái đuôi 1201 và cánh liệng 1205 trên máy bay 1002 định hướng cho thiết bị luôn đổi hướng về phía tay phải trong hành trình bay kéo dài 1 tháng, trong cùng điều kiện gió như mô tả trên Hình 6A. Thiết bị bay trên quỹ đạo xoáy ốc xung quanh vùng trải từ Tây Bắc Việt Nam đến Đông Ấn Độ.

Trong một số thiết kế, có thể trang bị thêm động cơ cánh quạt chạy bằng pin mặt trời cho máy bay 1002 để có thêm động lực giúp thiết bị duy trì độ cao khi thiếu chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển hoặc khi cần thay đổi quỹ đạo bay một cách chủ động hơn.

Hình 7 minh họa phương án thiết kế thứ hai của thiết bị, khác biệt so với phương án thiết kế thứ nhất ở chỗ khí cầu mặt trời được thay thế bằng một máy bay có khả năng thay đổi sức cản không khí, ở tư thế bay có lực nâng nhờ chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng. Cụ thể, thiết bị gồm máy bay 2002, tương tự như máy bay 1002 ở Hình 3; dây nối 2003, tương tự dây nối 1003 ở Hình 3; thanh nối 2004 và cơ cấu nối 2007, kết nối dây 2003 với máy bay 2002, tương tự như thanh nối 1004 và cơ cấu nối 1007 trên Hình 3; máy bay 2001, có cánh gồm hai lớp: lớp trên 2101 và lớp dưới 2102; hai lớp này có thể cụp vào hoặc xòe ra để giảm hoặc tăng sức cản của không khí lên máy bay 2001; thanh nối 2005 và cơ cấu nối 2006, kết nối dây 2003 với máy bay 2001, hoạt động tương tự thanh nối 2004 và cơ cấu nối 2007 trên máy bay 2002.

Hình 7A là mặt cắt của máy bay 2001, cùng thanh nối 2005 và cơ cấu nối 2006, cắt theo mặt 7A-7A được chỉ ra trên Hình 7, là mặt phẳng đối xứng của máy bay 2001. Tương tự như trên cơ cấu nối 1007 được mô tả trên Hình 1B, cơ cấu nối 2006 liên kết dây 2003 với thanh nối 2005 qua ổ bi 2104, cho phép dây 2003 được xoay tự do so với thanh nối 2005 quanh trục đối xứng của ổ bi 2104, trong khi dây 2003 vẫn gắn kết với thanh nối 2005. Thanh nối 2005 liên kết với thân máy bay

2001 qua trục xoay 2103, với trục 2103 đi qua khối tâm của máy bay 2001 và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay 2001. Các lớp trên 2101 và lớp dưới 2102 của cánh máy bay 2001 có thể xoay quanh các trục tương ứng 2105 và 2106 nằm ở phía đầu của máy bay 2001 và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay 2001. Điều này cho phép các lớp 2101 và 2102 có thể xòe ra hoặc cụp lại khi xoay quanh các trục 2105 và 2106. Trên Hình 7A, có thể thấy nửa nằm sau mặt cắt của lớp trên 2101 và lớp dưới 2102. Các động cơ điện điều khiển việc xòe ra và cụp vào của các lớp cánh 2101 và 2102, cũng như nguồn điện nuôi (có thể gồm pin mặt trời và tụ hoặc ắc quy dự trữ) và bộ vi xử lý và bộ truyền thông kèm theo (nếu có) không được biểu diễn trong Hình 7A.

Do không có khí cầu mặt trời, có thể coi chế độ hoạt động của thiết bị trong phương án thiết kế này tương đương với chế độ hoạt động vào ban đêm của thiết bị trong phương án thiết kế thứ nhất. Điểm khác biệt nằm ở chỗ, có các cảm biến tốc độ gió lắp trên các máy bay 2001 và 2002 (không được biểu diễn trong các Hình 7 và Hình 7A), để xác định chênh lệch tốc độ gió giữa các lớp không khí xung quanh máy bay 2001 và máy bay 2002. Khi có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các lớp không khí xung quanh máy bay 2001 và máy bay 2002, các lớp cánh của máy bay 2001 được điều khiển để xòe ra, làm tăng hệ số cản gió của máy bay 2001, giúp máy bay này kéo máy bay 2002 để thu được lực nâng, giúp tăng hoặc duy trì độ cao của thiết bị. Còn khi không có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các tầng khí quyển, hoặc khi thiết bị được điều khiển để chủ động hạ độ cao và liệng về tọa độ địa lý mong muốn, các lớp cánh của máy bay 2001 được điều khiển để cụp vào, làm giảm hệ số cản gió của máy bay 2001 đến mức cực tiểu, và tăng tỷ số nâng trên cản của toàn bộ thiết bị lên mức tối đa, giúp cho thiết bị liệng trong không trung với tốc độ giảm độ cao nhỏ nhất có thể (tức là tốc độ thất thoát thể năng chậm nhất có thể).

Hình 8 mô tả tư thế của thiết bị khi thiết bị liệng xuống - chuyển hóa thể năng thành động năng với tiêu hao năng lượng thành nhiệt năng (do sức cản của không khí) là nhỏ nhất, nhờ vào máy bay 2001 đang được điều khiển để cụp các lớp cánh 2101 và 2102 sát vào nhau. Cả hai máy bay 2001 và 2002 đều cùng liệng xuống, tuy nhiên máy bay 2002 có khả năng tạo lực nâng lớn hơn, nên luôn duy trì vị trí ở phía trên máy bay 2001.

Như vậy quá trình vận hành của thiết bị lặp đi lặp lại qua hai giai đoạn, trong đó, giai đoạn tăng độ cao: khi có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các tầng khí quyển, năng lượng gió được thiết bị chuyển hóa thành thế năng khi độ cao của thiết bị được nâng lên; trong giai đoạn này, thiết bị bị trôi theo dòng chảy của khí quyển tại tầng bình lưu theo phương ngang; giai đoạn giảm độ cao: khi không có chênh lệch tốc độ gió đủ lớn giữa các tầng khí quyển hoặc khi thế năng đã tích lũy đủ và thiết bị đã trôi xa khỏi tọa độ địa lý hoặc quỹ đạo mong muốn một khoảng đủ lớn, thế năng được chuyển hóa thành động năng của thiết bị - và nhiệt tỏa ra trong quá trình cản gió khi thiết bị liệng xuống; trong giai đoạn này, thiết bị có động năng để chuyển động ngược lại dòng chảy của khí quyển tại tầng bình lưu theo phương ngang, trở lại gần hơn tọa độ địa lý hoặc quỹ đạo mong muốn.

Để có thể xác định được chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển, nhằm phục vụ cho hoạt động điều khiển việc xòe ra hay cụp vào của các lớp cánh trên máy bay 2001, cần bố trí các cảm biến chênh lệch tốc độ gió theo độ cao (không trình bày trên các Hình 7, Hình 7A, Hình 8). Một phương án thiết kế cho các cảm biến này là sử dụng hai cảm biến tốc độ gió, một gắn trên máy bay 2001 và một gắn trên máy bay 2002, và tận dụng dây nối 2003 để truyền dẫn tín hiệu và năng lượng từ máy bay 2001 lên cảm biến trên máy bay 2002. Chênh lệch tốc độ gió theo độ cao được suy từ số liệu đo của hai cảm biến qua phương trình tương tự như phương trình [8]. Do dây 2003 xoay tự do trên các cơ cấu 2006 và 2007, cần bố trí các chổi than tại các cơ cấu này để dẫn truyền được tín hiệu và năng lượng từ dây 2003 sang các cơ cấu 2006 và 2007 mà vẫn cho phép dây 2003 tự do xoay (các chổi than không biểu diễn trong Hình 7A).

Một điểm khác biệt của thiết bị ở phương án thiết kế thứ hai so với phương án thiết kế thứ nhất là, do không phụ thuộc vào ánh nắng mặt trời trong quá trình vận hành, thiết bị không nhất thiết phải nằm ở phía trên các tầng mây khi hoạt động. Tuy nhiên, tầng bình lưu vẫn là môi trường hoạt động phù hợp của thiết bị, do hầu như không có các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra. Hơn nữa, việc điều khiển hoạt động của các lớp cánh 2101 và 2102 của máy bay 2001, hoặc các nhu cầu khác của các thiết bị gắn kèm, cần năng lượng điện, có thể thu được một cách thuận tiện nhờ các pin mặt trời, và điều kiện trong tầng bình lưu đảm bảo sự dồi dào về năng lượng mặt trời vào ban ngày (dĩ nhiên cũng có nguồn năng lượng gió

có thể chuyển thành điện năng, tuy nhiên năng lượng gió đã được tận dụng cho việc duy trì độ cao và việc chuyển hóa năng lượng gió thành điện, có thể thông qua các tuốc bin gió cỡ nhỏ, có thể không hiệu quả bằng phương án dùng pin mặt trời).

Do máy bay 2002 luôn ở phía trên máy bay 2001 trong các giai đoạn hoạt động (Hình 7 và Hình 8), phương án thiết kế thứ 2 có thể được đơn giản hóa bằng cách loại bỏ khe hở tại phía đầu các máy bay 2001 và máy bay 2002 (vốn dành cho các thanh nối 2004 và 2005 đi qua trong quá trình xoay trên các trục xoay của chúng).

Tương tự như trên, trong một số thiết kế, có thể trang bị thêm động cơ cánh quạt chạy bằng pin mặt trời cho máy bay 2002 (hoặc máy bay 2001) để có thêm động lực giúp thiết bị duy trì độ cao khi thiếu chênh lệch tốc độ gió giữa các tầng khí quyển hoặc khi cần thay đổi quỹ đạo bay một cách chủ động hơn.

Tương tự như với phương án thiết kế thứ nhất, nếu xuất phát từ mặt đất, thiết bị trong phương án thiết kế thứ hai có thể được đưa lên cao đến độ cao bay ổn định ở tầng bình lưu, bằng cách gắn thiết bị với một khí cầu hê li, và khi thiết bị đạt được độ cao mong muốn thì một cơ chế trên khí cầu hê li sẽ kích hoạt để tách rời khí cầu hê li khỏi thiết bị; hoặc chở thiết bị lên bằng máy bay có động cơ chuyên dụng và thả ra tại độ cao mong muốn.

Trong cả hai phương án thiết kế, có thể trang bị thêm cảm biến tọa độ địa lý của thiết bị, chẳng hạn như thiết bị định vị vệ tinh GPS, và cảm biến tư thế của thiết bị (ví dụ gồm các cảm biến áp suất để thu được độ cao, cảm biến từ trường trái đất để xác định hướng theo ba trục, cảm biến gia tốc theo ba trục, cảm biến vận tốc quay theo ba trục) và cảm biến tốc độ gió (nếu chưa có) để lấy đầu vào cho quá trình thay đổi quỹ đạo bay chủ động. Ngoài ra cũng có thể trang bị các thiết bị thông tin liên lạc với trạm mặt đất hoặc các cảm biến khác, để có thêm chỉ dẫn từ mặt đất hoặc thêm thông tin về điều kiện môi trường để chủ động thay đổi quỹ đạo.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu nhờ sức gió và nhờ nhiệt năng mặt trời bao gồm:

một khí cầu có:

lớp vỏ hình cầu hoặc hình khối khác, có khối lượng riêng nhỏ và độ cách nhiệt lớn và hấp thụ ánh nắng mặt trời hiệu quả;
van điều tiết không khí đi ra khỏi hoặc đi vào không gian bên trong lớp vỏ trên, đảm bảo chênh lệch áp suất giữa bên trong và bên ngoài lớp vỏ không vượt quá ngưỡng làm biến dạng vỏ trong quá trình vận hành;

một máy bay;

một dây nối dài cỡ hàng trăm mét hoặc hơn;

một cơ cấu nối một đầu dây với khí cầu, đảm bảo dây được tự do xoay quanh trục đi qua dây so với khí cầu gồm một hoặc nhiều ổ bi có trục gắn với dây và vành ngoài gắn với khí cầu;

một cơ cấu nối đầu còn lại của dây với máy bay, đảm bảo dây được tự do xoay quanh trục đi qua dây so với máy bay, và đảm bảo dây không vướng vào máy bay trong quá trình máy bay chuyển động so với khí cầu và thay đổi độ cao so với khí cầu bao gồm:

thanh có một đầu liên kết với máy bay qua một trục xoay, với trục xoay đi qua khối tâm của máy bay và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay; độ dài thanh lớn hơn khoảng cách từ trục xoay đến đầu máy bay;

trong đó, khe trên thân máy bay từ trục xoay của thanh đến đầu máy bay, có độ rộng lớn hơn đường kính ngang của thanh, cho phép thanh này xoay trên trục xoay của nó trong dải góc quay nhất định trong khoảng ± 90 độ so với phương nối từ trục xoay đến đầu máy bay mà không bị vướng vào thân máy bay;

cơ cấu kết nối đầu còn lại của dây vào đầu còn lại của thanh gồm một hoặc nhiều ổ bi có trục gắn với đầu còn lại của dây và vành ngoài gắn với đầu còn lại của thanh.

2. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu theo điểm 1, trong đó lớp vỏ của khí cầu gồm:

 nhiều lớp vỏ mỏng bằng chất dẻo;

 các lớp không khí ở giữa các lớp vỏ chất dẻo trên ở áp suất cao hơn áp suất không khí tại tầng khí quyển mà thiết bị hoạt động.

3. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu theo điểm 2, khác biệt ở chỗ thiết bị này còn bao gồm:

 một hoặc một số cảm biến áp suất các lớp khí trong vỏ khí cầu;

 một hoặc một số bơm nén khí;

 một nguồn điện như pin mặt trời; tụ hoặc ắc quy dự trữ; hay mạch điện ổn định nguồn cung;

 một bộ vi điều khiển, được cấp nguồn từ nguồn điện nêu trên, nhận tín hiệu từ các cảm biến áp suất, và điều khiển các bơm nén khí vào các lớp khí trong vỏ khí cầu khi áp suất nhỏ hơn một ngưỡng P1, và ngắt việc nén khí khi áp suất lớn hơn một ngưỡng P2.

4. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, khác biệt ở chỗ máy bay còn bao gồm:

 một hoặc một số cánh lái cho phép các luồng gió thổi vào máy bay sẽ tạo lực đẩy cho máy bay di chuyển trên phương ngang vuông góc với hướng của luồng gió;

 một hoặc một số động cơ điện điều khiển cánh lái;

 một hoặc một số cảm biến lực nâng lên cánh máy bay;

 một nguồn điện như là pin mặt trời; tụ hoặc ắc quy dự trữ; mạch điện ổn định nguồn cung;

 một bộ vi điều khiển, được cấp nguồn từ nguồn điện nêu trên, nhận tín hiệu từ cảm biến lực nâng, và điều khiển cánh lái cho máy bay liệng vòng xoắn ốc xuống dưới khi lực nâng lên cánh máy bay nhỏ hơn một ngưỡng F1, và điều khiển cánh lái cho máy bay bay thẳng khi lực nâng lớn hơn một ngưỡng F2.

5. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu nhờ sức gió bao gồm:

 một máy bay thứ nhất;

 một máy bay thứ hai có:

cơ cấu thay đổi tỷ số nâng trên cần bao gồm hai lớp cánh nâng, liên kết với thân máy bay qua hai trục xoay nằm ở đầu máy bay và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay; đảm bảo trong quá trình các lớp cánh nâng xoay quanh các trục nói trên thì có tư thế hai lớp này áp sát với nhau thành một cánh nâng có tỷ số nâng trên cần lớn, và có tư thế hai lớp này tách xa nhau thành hai cánh có tỷ số nâng trên cần nhỏ; động cơ điện điều khiển tỷ số nâng trên cần điều khiển góc xoay của hai lớp cánh nâng nêu trên; một nguồn điện là một trong số các nguồn sau:

pin mặt trời;

tụ hoặc ắc quy dự trữ;

mạch điện ổn định nguồn cung;

một bộ cảm biến để xác định chênh lệch tốc độ gió theo độ cao bao gồm:

một hoặc một số cảm biến tốc độ gió thứ nhất gắn tại máy bay thứ nhất;

một hoặc một số cảm biến tốc độ gió thứ hai gắn tại máy bay thứ hai;

một mạch điện tính chênh lệch tốc độ gió từ tín hiệu của hai cụm cảm biến nêu trên;

dây dẫn điện để cấp nguồn điện từ mạch điện nêu trên cho hai cụm cảm biến và truyền tín hiệu từ hai cụm cảm biến tới mạch điện nêu trên;

một bộ vi điều khiển, được cấp nguồn từ nguồn điện, nhận tín hiệu từ bộ cảm biến, và điều khiển tỷ số nâng trên cần giảm khi chênh lệch tốc độ gió theo độ cao lớn hơn một ngưỡng V1, và điều khiển tỷ số nâng trên cần tăng lên cực đại khi chênh lệch tốc độ gió theo độ cao nhỏ hơn một ngưỡng V2,

một dây nối dài cỡ hàng trăm mét hoặc hơn;

các cơ cấu nối một đầu dây nối với máy bay thứ nhất, và đầu còn lại của dây nối với máy bay thứ hai, đảm bảo dây được tự do xoay quanh

trục đi qua dây so với các máy bay, và đảm bảo dây không vướng vào các máy bay trong quá trình hai máy bay chuyển động so với nhau bao gồm:

thanh thứ nhất có một đầu liên kết với thân máy bay thứ nhất qua một trục xoay, với trục xoay đi qua khối tâm của máy bay thứ nhất và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay này;

cơ cấu nối một đầu dây vào đầu còn lại của thanh thứ nhất bao gồm một hoặc nhiều ổ bi có trục gắn với một đầu dây và vành ngoài gắn với đầu còn lại của thanh thứ nhất;

thanh thứ hai có một đầu liên kết với thân máy bay thứ hai qua một trục xoay, với trục xoay đi qua khối tâm của máy bay thứ hai và vuông góc với mặt phẳng đối xứng của máy bay này;

cơ cấu nối đầu còn lại của dây vào đầu còn lại của thanh thứ hai gồm một hoặc nhiều ổ bi có trục gắn với đầu còn lại của dây và vành ngoài gắn với đầu còn lại của thanh thứ hai.

6. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu theo điểm 5, khác biệt ở chỗ:

dây nối đóng vai trò là dây dẫn điện năng và tín hiệu điện từ cảm biến tốc độ gió (nếu có) trên máy bay thứ nhất tới bộ vi điều khiển trên máy bay thứ hai;

có thêm các chổi than tại các cơ cấu kết nối hai đầu dây vào hai máy bay, dẫn truyền điện năng và tín hiệu giữa dây và hai máy bay.

7. Thiết bị bay lâu năm trong tầng bình lưu theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, khác biệt ở chỗ còn bao gồm một hoặc hai máy bay bao gồm:

một hoặc một số động cơ cánh quạt chạy điện

một nguồn điện bao gồm:

pin mặt trời;

tụ hoặc ắc quy dự trữ;

mạch điện ổn định nguồn cung;

một hoặc một số cảm biến độ cao bao gồm:

cảm biến áp suất không khí trong môi trường xung quanh thiết bị;

mạch điện chuyển đổi từ áp suất không khí sang độ cao;

một bộ vi điều khiển, được cấp nguồn từ nguồn điện, nhận tín hiệu từ cảm biến, và điều khiển động cơ cánh quạt đẩy máy bay chuyển động làm nâng độ cao thiết bị khi độ cao của thiết bị dưới ngưỡng H1, và điều khiển tắt động cơ cánh quạt khi độ cao của thiết bị trên ngưỡng H2.

8. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ gắn thêm vào một hoặc hai máy bay bao gồm:

một hoặc một vài cánh trong các loại cánh: cánh lá đuôi; cánh liệng; cánh lá độ cao; cánh tà; cánh tà lưng; cánh loại khác có khả năng xoay quanh trục và thay đổi lực tác động của gió thổi lên cánh trong khi xoay;
 một hoặc một vài động cơ điện điều khiển các cánh;
 một nguồn điện là pin mặt trời; tụ hoặc ắc quy dự trữ; mạch điện ổn định nguồn cung;
 một bộ vi điều khiển, được cấp nguồn từ nguồn điện, và điều khiển các động cơ điện để đổi hướng di chuyển của thiết bị, trên phương ngang hoặc phương đứng hoặc cả hai phương, theo một công thức đã lưu sẵn trong bộ nhớ của bộ vi điều khiển.

9. Thiết bị theo điểm 7 hoặc điểm 8, khác biệt ở chỗ còn bao gồm thêm:

một hoặc một vài cảm biến trong số các cảm biến sau: thiết bị định vị vệ tinh toàn cầu; cảm biến áp suất; cảm biến tốc độ gió; cảm biến gia tốc; cảm biến vận tốc góc; cảm biến từ trường;
 một bộ vi điều khiển nhận thêm tín hiệu từ các cảm biến nêu trên để điều khiển các động cơ điện điều khiển cánh lá đổi hướng di chuyển, theo phương ngang hoặc phương thẳng đứng hoặc cả hai phương, theo công thức đã lưu sẵn trong bộ nhớ của bộ vi điều khiển.

10. Thiết bị theo điểm 8 hoặc điểm 9, khác biệt ở chỗ còn bao gồm thêm:

một hoặc một số thiết bị thông tin liên lạc với các trạm điều khiển bên ngoài;

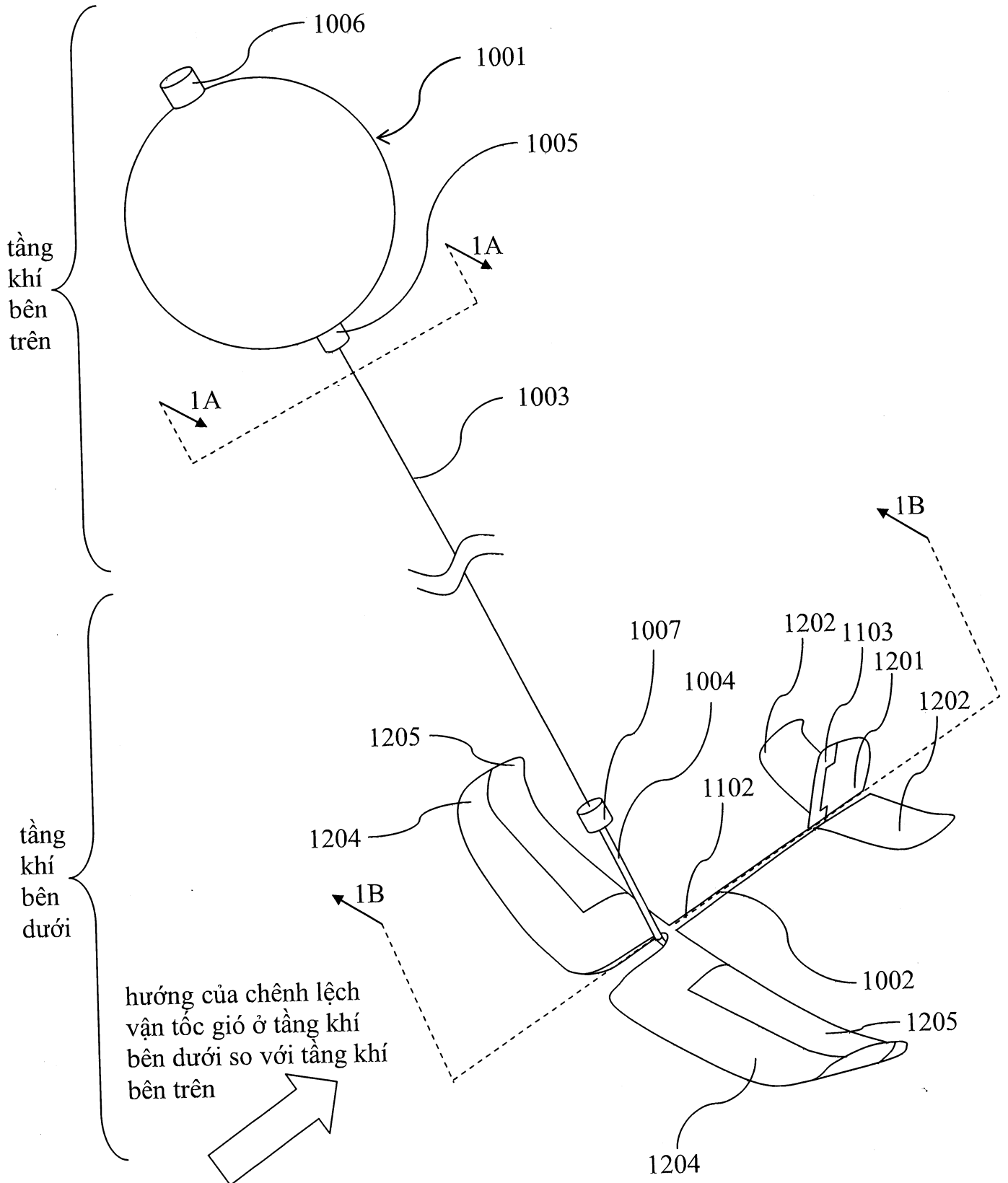
một bộ vi điều khiển thực hiện:

nhận thêm thông tin gửi đến từ các trạm điều khiển bên ngoài để điều khiển các động cơ điện điều khiển cánh lá đổi hướng di chuyển, theo phương ngang hoặc phương thẳng đứng hoặc cả hai

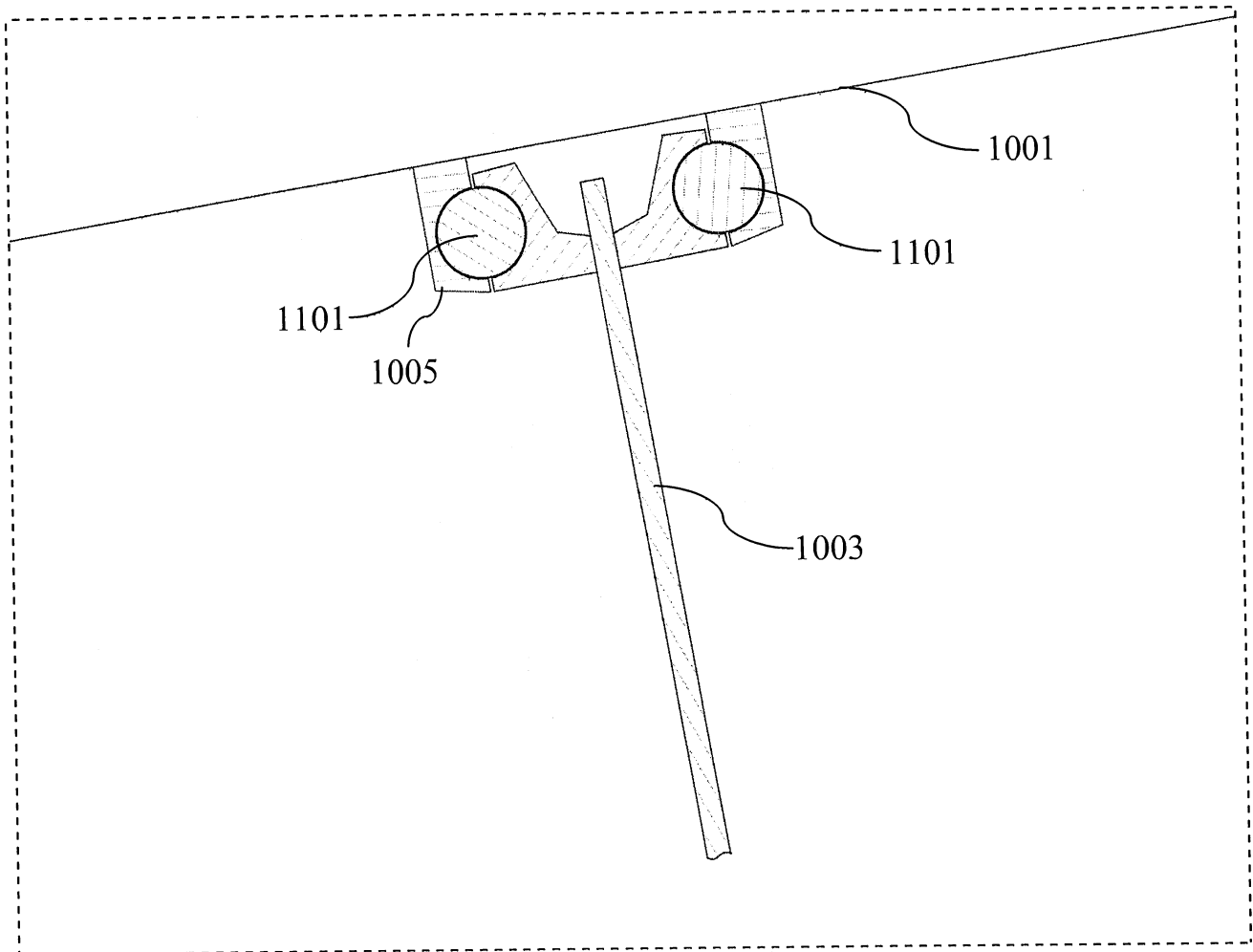
phương, theo công thức đã lưu sẵn trong bộ nhớ của bộ vi điều khiển;

gửi thông tin từ các cảm biến trên thiết bị cho các trạm điều khiển bên ngoài.

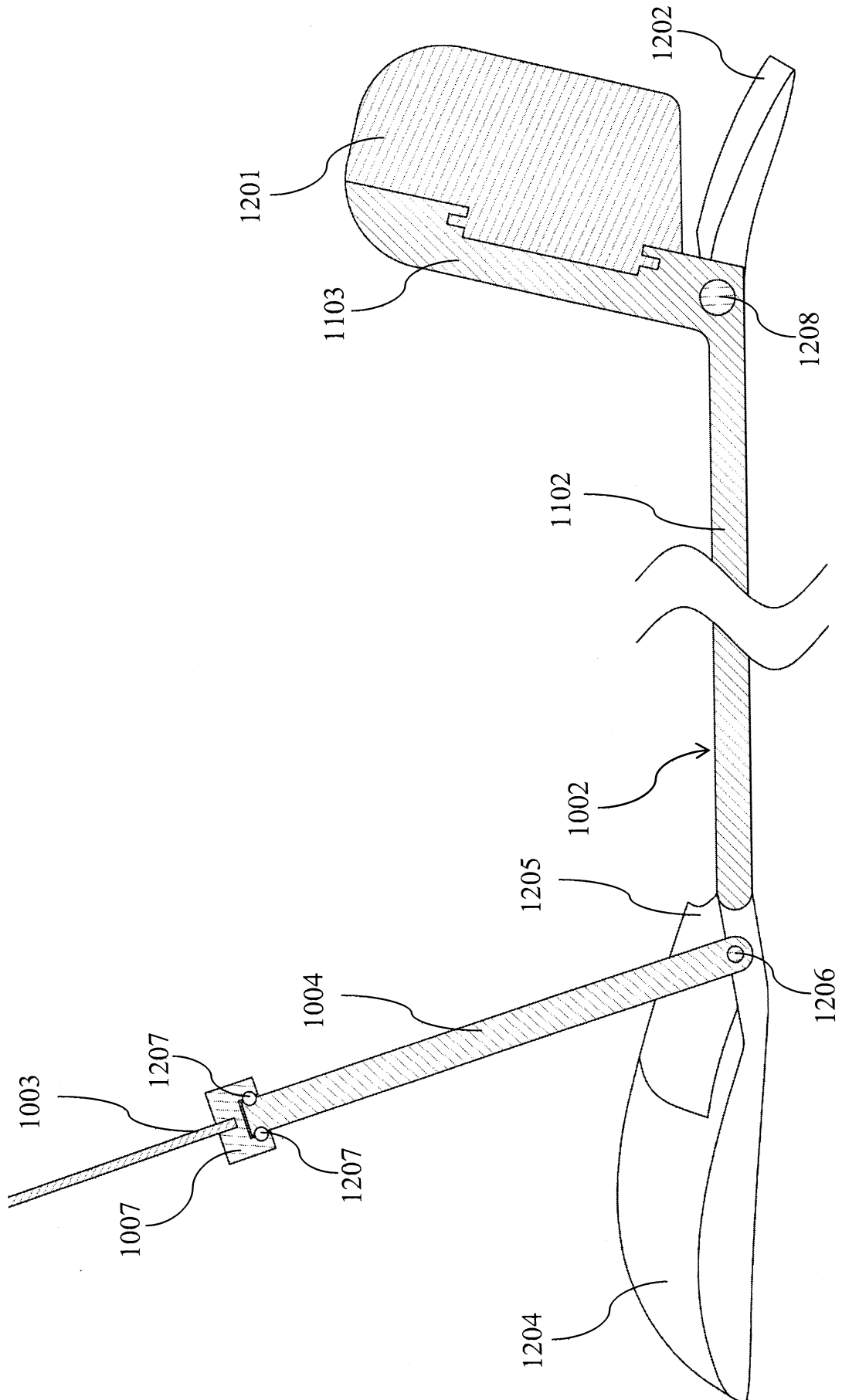
Hình 1



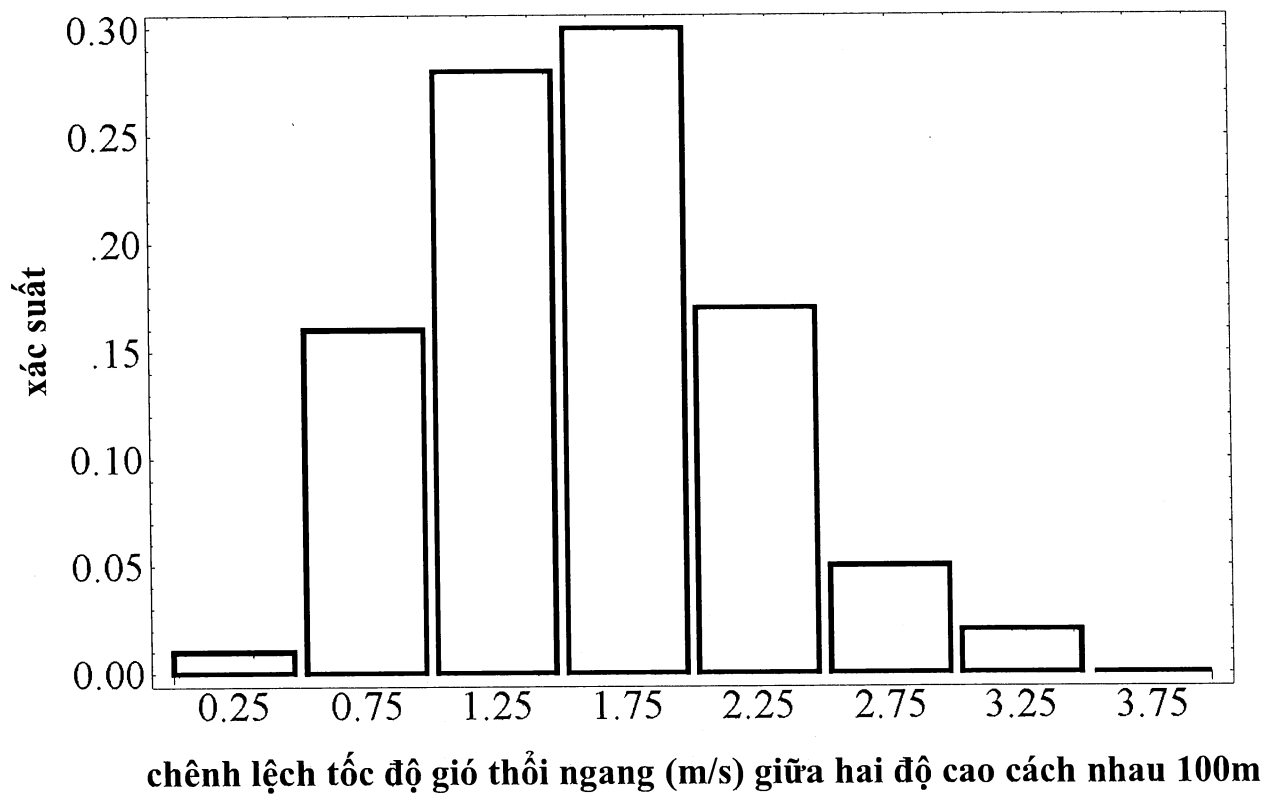
Hình 1A



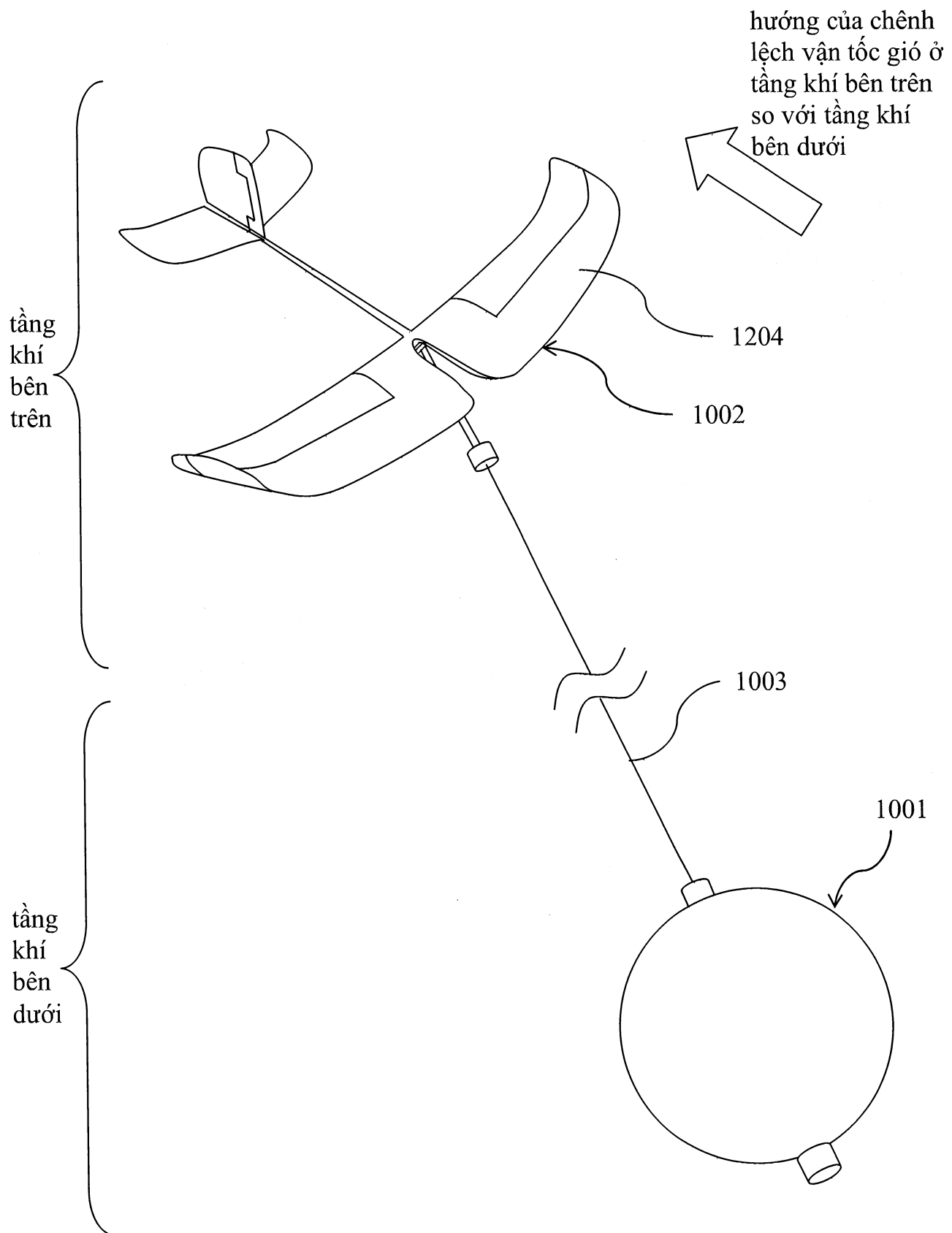
Hình 1B



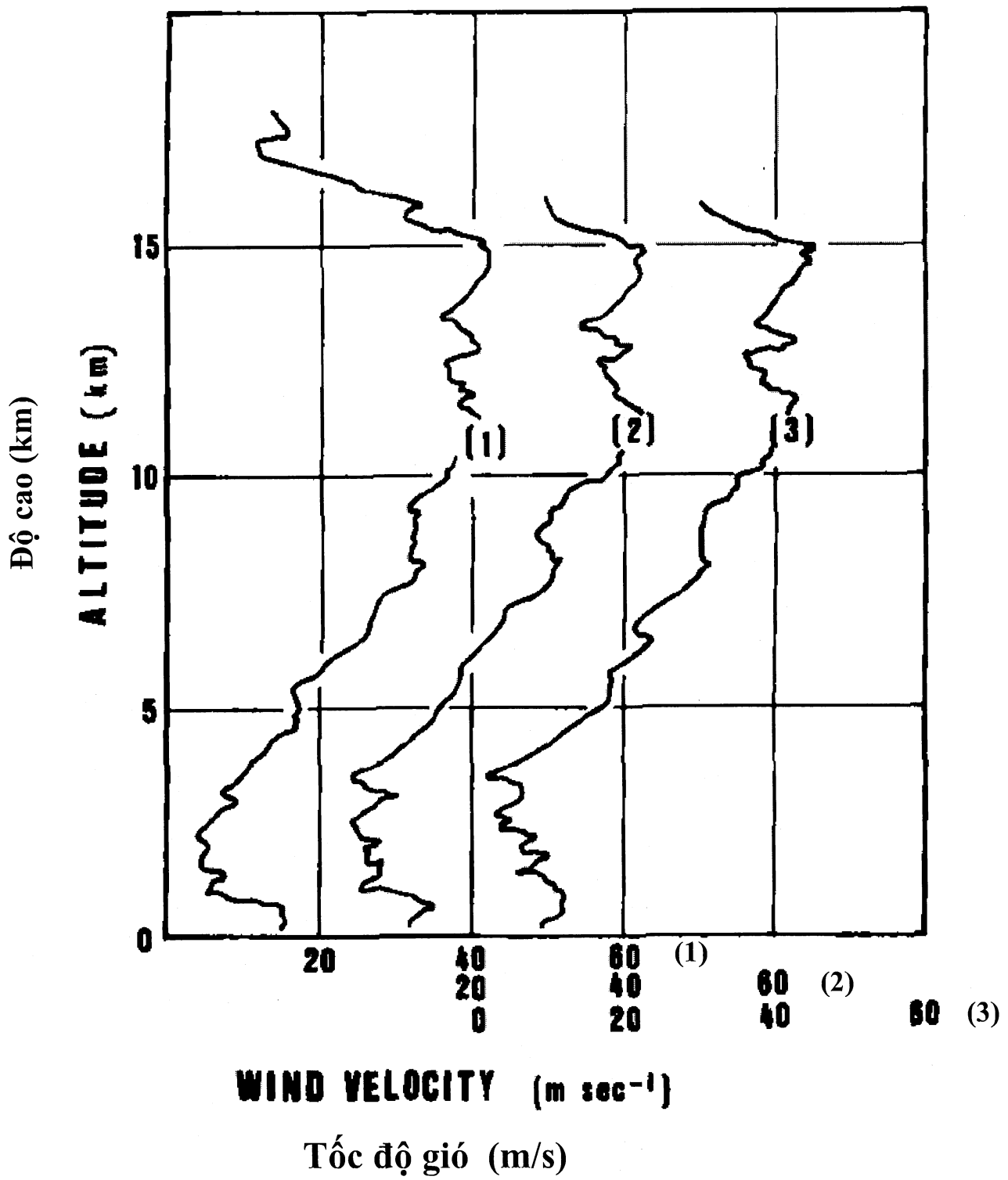
Hình 2



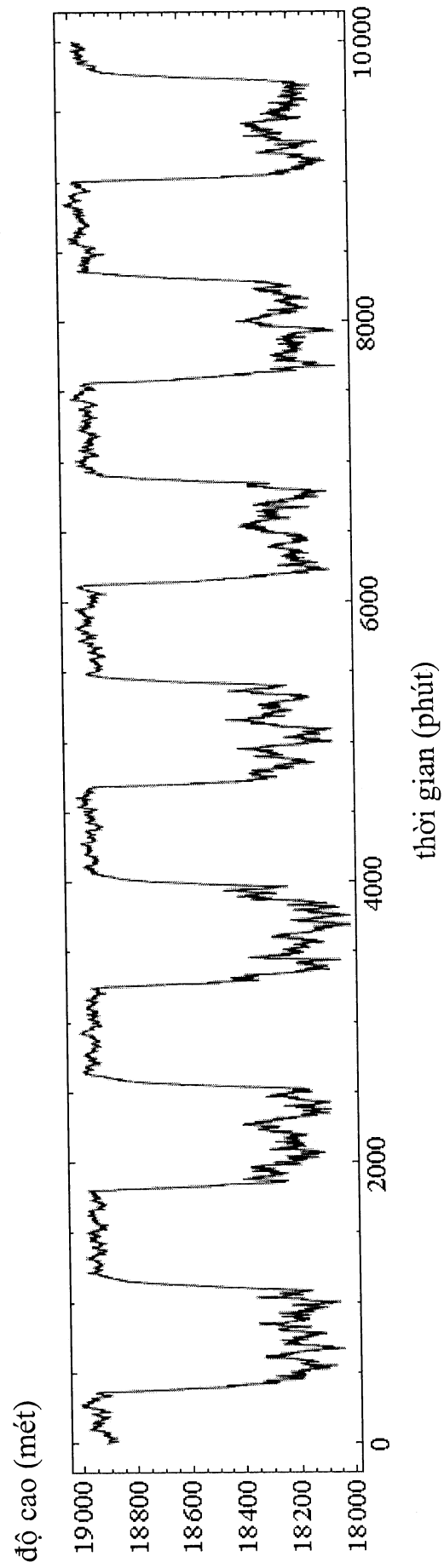
Hình 3



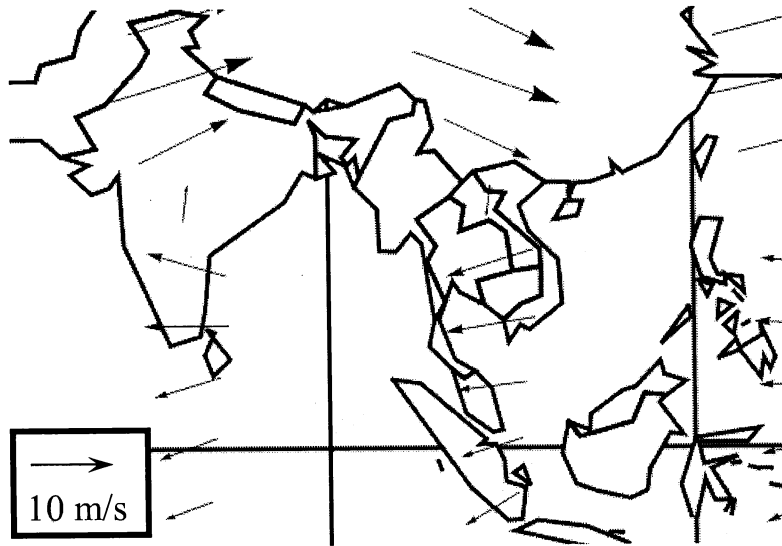
Hình 4



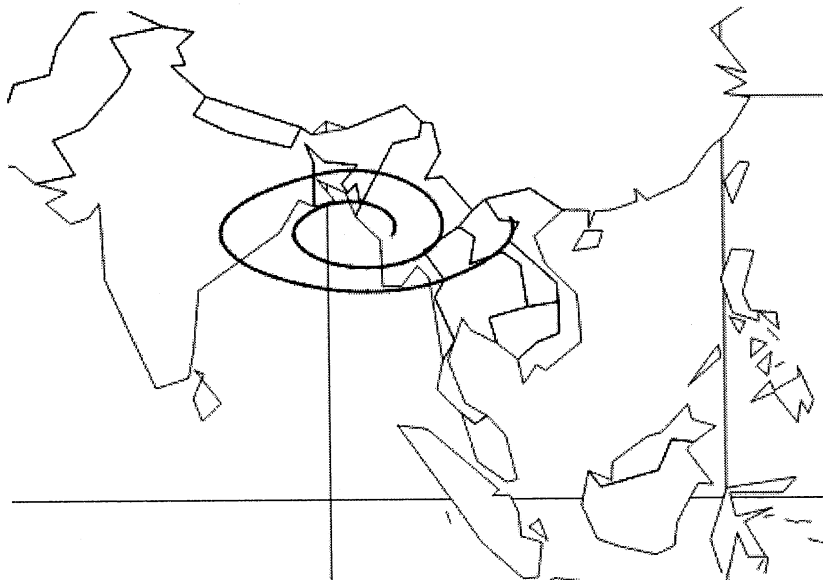
Hình 5



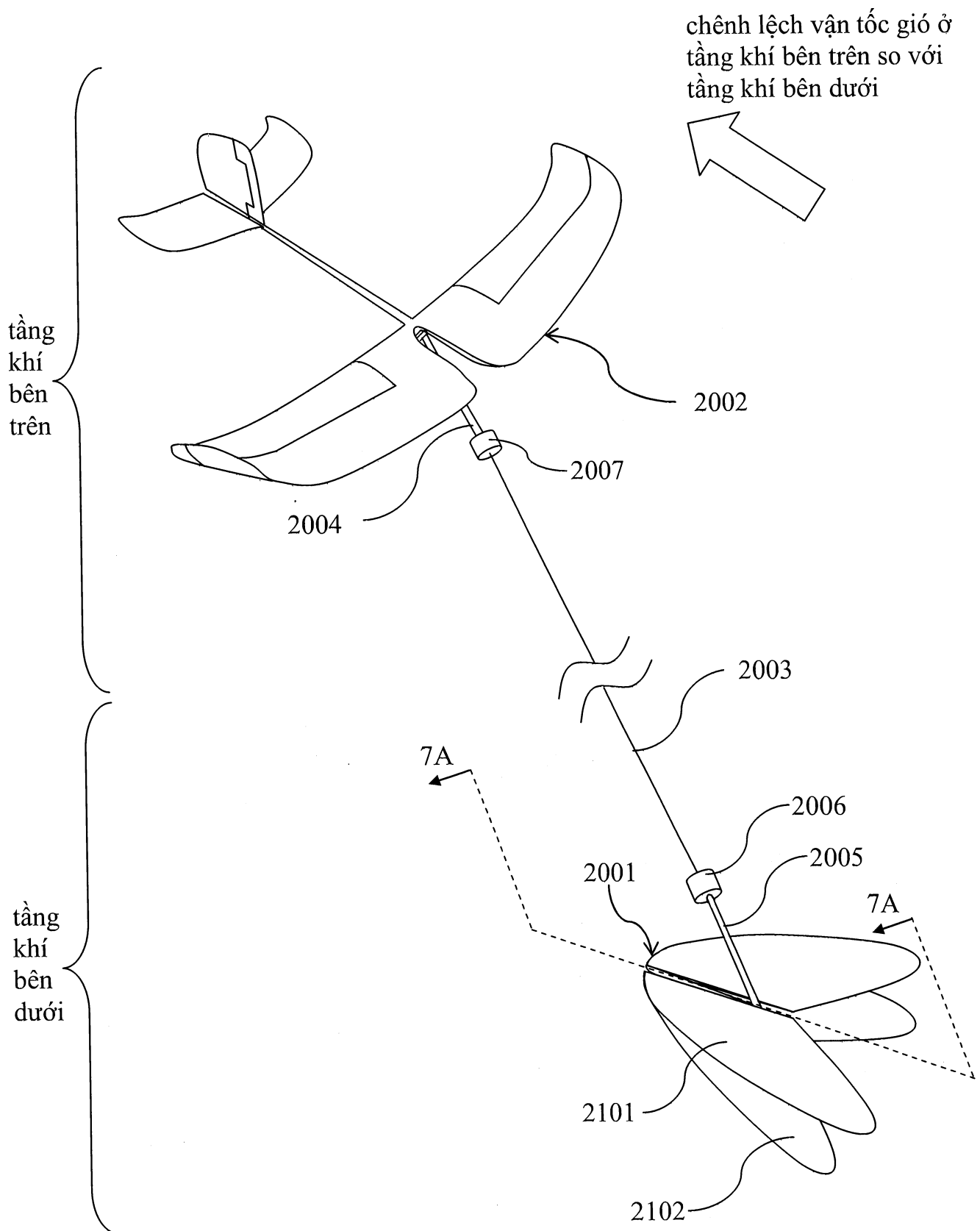
Hình 6A



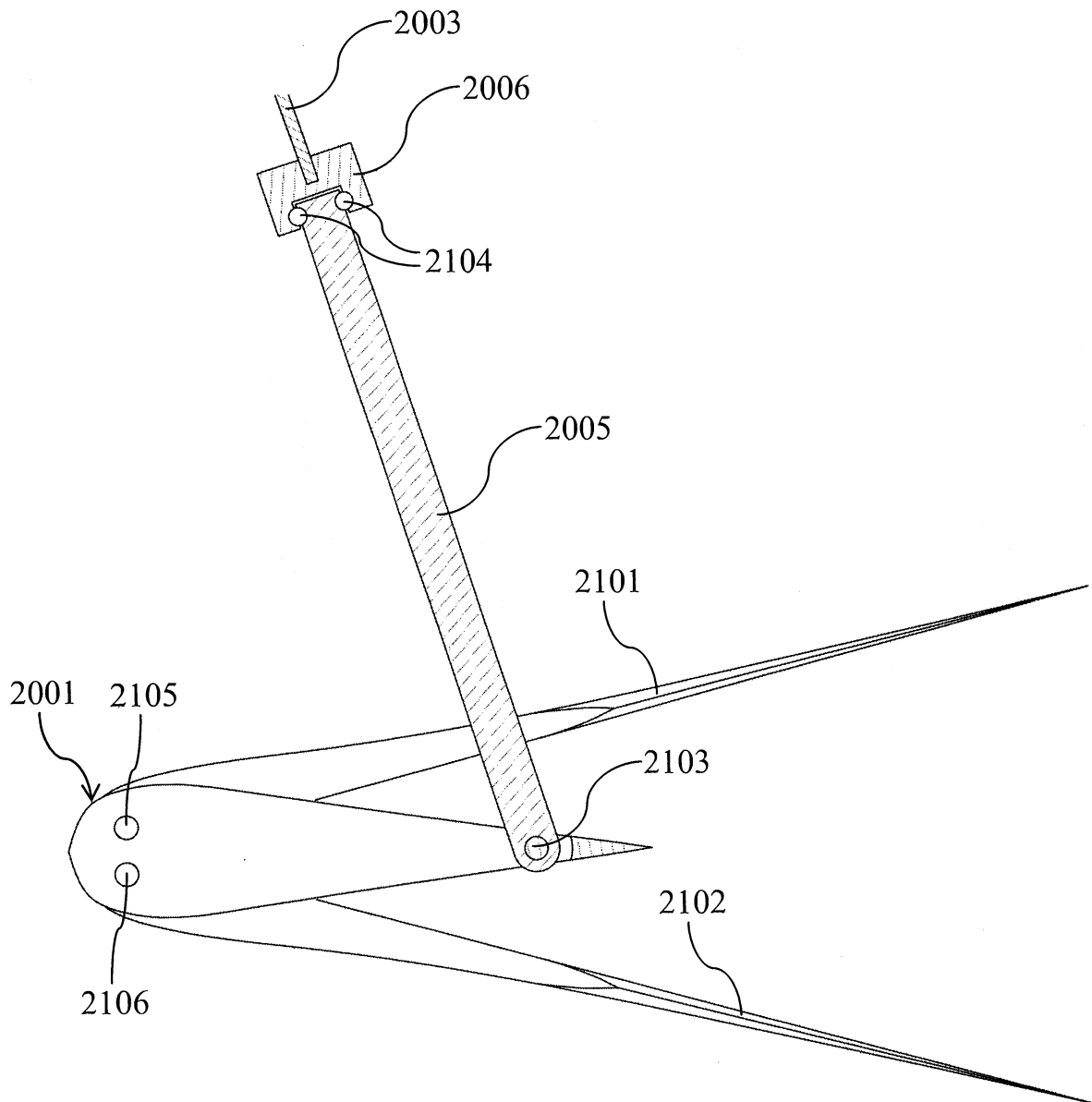
Hình 6B



Hình 7



Hình 7A



Hình 8

