

ӘОЖ 629.19

**ҒАРЫШТЫҚ АППАРАТТЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ**

**Баткульдинова Камила Канатовна**

batkuldinova96@gmail.com

Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Физика-техникалық факультеті, «Ғарыштық техника және технологиялар» кафедрасының 4-курс студенті

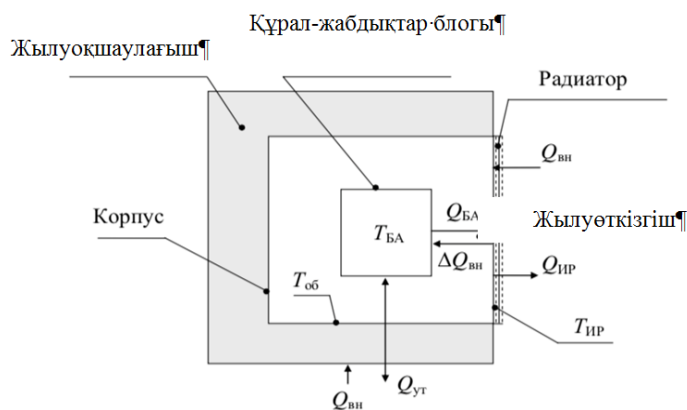
Ғылыми жетекшісі – Ергалиев Д.С.

Ғарыштық аппарат (ҒА) құрал-жабдықтарының жылулық режимі ҒА-тың жылулық моделінің көмегімен есептеледі, ол жылулық ағындарды және оларды реттеу әдістерін, ҒА конструктивтік құрылымын және оның ғарыштық кеңістіктегі бағдарлау сызбасын

сипаттайды. ҒА жобалаудың бастапқы деңгейлерінде оның жылулық моделі стационарлық режимдегі құрал-жабдықтар блогы болып табылады. Құрал-жабдықтар блогынан тыс орналасқан және одан жылулық изоляцияланатын құрал-жабдықтардың жылулық режимі бөлек, ұқсас сызба бойынша есептеледі. Кейінгі сатыларда ҒА жылулық моделі талдап тексеріледі, құрал-жабдықтар блогының сыртқы құрал-жабдықтармен және құрал-жабдықтар блогындағы жабдықтар арасындағы толық жылулық байланыстары олардың жылуфизикалық сипаттамалары жайлы нақты деректердің пайда болуы барысында енгізіледі.

Қарапайым түрде ҒА құрал-жабдықтар блогының жылулық моделі ішінде ҒА борттық аппаратурасы орналасқан тұйық қабықша ретінде, осы қабықшамен жылуөткізгіш арқылы байланысқан тұйық қабықша ретінде ұсынылуы мүмкін. Бұл ретте ҒА қабықшасының бір бөлігі сыртқы және ішкі жылулық ағындардың енуінен жылуоқшауланған, ал басқа бөлігі сәулелегіш радиатор ретінде пайдаланылады. Сонымен қатар, құрал-жабдықтар блогымен жылуөткізгіш арқалы байланысқан шығарылған сәулелегіш радиатор түрінде нұсқа да болуы мүмкін.

Жылулық ағынның орташа температурасы;  $Q_{УТ}$  – жылу шығыны(кірісі);  $Q_{БА}$  – құрал-жабдықтар блогындағы борттық аппаратураның (құрал-жабдықтардың) жиынтықтық жылубөлуі;  $Q_{ВН}$  – сыртқы жиынтықтық жылулық ағын;  $Q_{ИР}$  – радиатор сәулелейтін жиынтықтық жылулық ағын;  $T_{БА}$  – борттық аппаратураның орташа температурасы;  $T_{ИР}$  – радиатор сәулелейтін  $\Delta Q_{ВН}$  – аз жылу бөлінулер кезінде құрал-жабдықтар блогына келетін сыртқы жылулық ағынның бөлігі.



1-сурет – ҒА жылулық моделі

Ұсынылған ҒА құрал-жабдықтар блогының жылулық моделінде радиатордың сыртқы бетінің жылулық режимі сәулеленген және жұтылған сәулелік ағындар, сонымен қатар құрал-жабдықтар блогынан келетін жылулық ағын балансымен сипатталады. Құрал-жабдықтар блогының жылулық режимі, негізінен, оның радиатормен жылулық байланыс сипатына және мардымсыз дәрежеде – ҒА жылуоқшауланған қабықшасы арқылы шығатын реттелмейтін жылу шығындарына (кірістеріне) тәуелді болады.

$Q_{ИР}$  радиатор бетінен сәулеленген сәулелік жылулық ағын Стефан-Больцман теңдеуімен (1) анықталады:

$$Q_{ИР} = q_{ИР} \cdot F_{ИР} = \varepsilon_{ИР} \cdot \sigma \cdot T_{ИР}^4 \cdot K_{ЭИР} \cdot F_{ИР} \quad (1)$$

мұндағы  $F_{ИР}$  – радиатордың бірліктік бетінен сәулеленетін меншікті жылулық ағын

$\varepsilon_{ИР}$  – радиатордың қаралық дәрежесі;

$\sigma$  – Стефан-Больцман тұрақтысы,  $\sigma = 5,68 \cdot 10^{-8} \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}^4)$ ;

$K_{ЭИР}$  –  $T_{ИР}$  тұрақсыздықты және  $\varepsilon_{ИР}$  радиатор бетін ескеретін, радиатордың сәулеленуінің тиімділік коэффициенті.

Радиатордың шектелген температура диапазоны кезінде  $T_{ИР_2}$  және  $T_{ИР_1}$  нүктелері арқылы өтетін түзу түріндегі Стефан-Больцман теңдеуінің сызықтық аппроксимациясын қолдануға болады:

$$\sigma T_{ИР}^4 \approx A_T \cdot (T_{ИР} - B_T),$$

$$A_T = \sigma \cdot \frac{T_{ИР_2}^4 - T_{ИР_1}^4}{T_{ИР_2} - T_{ИР_1}},$$

$$B_T = \frac{T_{ИР_1} - \left(\frac{T_{ИР_1}}{T_{ИР_2}}\right)^4 \cdot T_{ИР_2}}{1 - \left(\frac{T_{ИР_1}}{T_{ИР_2}}\right)^4} \quad (2)$$

мұндағы  $A_T, B_T$  – аппроксимациялау коэффициенті;  $T_{ИР_1}, T_{ИР_2}$  – аппроксимация орындалатын температуралар интервалы. Стефан-Больцман теңдеуінің осындай сызықтық аппроксимациясы жылулық баланс теңдеуін шешуді оңайлатады.

Жұтылған сәулелік жылулық ағын радиатор ауданының жиынтықтық меншікті сыртқы жылулық ағынға (ол Күннен келетін тікелей жылулық ағынды, Жерден келетін жылулық ағынды, және құрылым элементтерінің өзіндік сәулеленуін қамтиды) көбейтіндісі ретінде анықталады. Сыртқы жылулық ағындарды есептеуге арналған жалпыланған теңдеу оптикалық коэффициенттер, радиатордың сәулелік конфигурациясына және жарықтануына тәуелді функция түрінде берілуі мүмкін

$$q_{ВН} = A_S \cdot S_0 \cdot K_{ВН} \quad (3)$$

мұндағы  $A_S$  – беттің күндік ағында жұту коэффициенті;  $S_0$  - күн тұрақтысы,  $S_0 = 1\ 343 \dots 1440$  Вт/м<sup>2</sup>;  $K_{ВН}$  – бірліктік беттің жарықтану коэффициенті.

Құрал-жабдықтар блогынан радиаторға келетін ішкі жылулық ағындар  $Q_{БА}$  борттық аппаратура, жылытқыштар, жылуоқшаулану арқылы жылудың шығындар(кірістеріне) жиынтықтық жылу бөлінуімен жасалады, олардың шамасы цикл (айналым, тәулік) ішінде айтарлықтай дәрежеде тұрақсыз және аппаратура жұмысының циклограммасына тәуелді.

Құрал-жабдықтық блок пен белгіленген сипаттамаларға ие радиатордың жылулық байланысы кондуктивті және сәулелік жылуалмасу көмегімен, сонымен қатар құрал-жабдықтық блок пен сәулелегіш радиатор арасындағы контурда айналатын аралық жылу тасымалдаушылар көмегімен ұйымдастырылуы мүмкін.

Сыртқы және ішкі жылулық ағындар  $F_A$  радиаторының және құрал-жабдықтық блогының жылулық режимін анықтайды.

Құрал-жабдықтық блоктың және сәулелегіш радиатордың әр уақыт мезетіндегі жылулық режимі жылулық баланстың дифференциалды теңдеулер жүйесінің көмегімен анықталады және  $F_A$  құрылымдық бөліктерінің уақыт бойынша температура мәндерінің айнымалыларымен сипатталады.

$F_A$  жылулық режимінің жобалық талдауы стационарлық жылулық баланс үшін орындалады, бұл құрал-жабдықтық блок пен сәулелегіш радиатор арасындағы жылуалмасу сәулелегіш радиатор ауданы мен олардың арасындағы температуралар айырымына пропорционал деген жорамал кезінде мүмкін, және біркелкі таралған температуралар мен массалық жылу сыйымдылықтардың жағдайы үшін келесі формула бойынша анықталады:

$$\begin{aligned} Q_{БА} + F_{ИР} \cdot (q_{ВН} - q_{ИР}) &= 0, \\ Q_{БА} - (T_{БА} - T_{ИР}) \cdot \frac{F_{ИР}}{R_{БИР}} &= 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Мұндағы  $T_{БА}$  – құрал-жабдықтар блогының орташа температурасы;

$R_{БИР}$  – құрал-жабдықтық блок пен сәулелегіш радиатор арасындағы термиялық қарсыласу коэффициенті, град · м<sup>2</sup>/Вт.

$T_{ИР}$  – сәулелегіш радиатордың орташа температурасы.

Стационарлық жылулық баланстың теңдеулер жүйесі (4) ҒА термореттеу параметрлерін екі шекті жағдай – ҒА қызып кетуі мен ҒА қатты суып кетуі үшін анықтауға жағдай жасайды.

ҒА қызып кету жағдайы үшін стационарлық баланс теңдеулеріндегі (4) жылулық ағындар максимал болып қабылданады:  $q_{ИРmax}, q_{ВНmax}$ . Онда (4) теңдеулерді бірлесіп шешу нәтижесі бойынша ҒА қызып кету күйіндегі сәулелегіш радиатордың ауданын және радиатордың орташа температурасын есептеуге арналған (5) теңдеулерін алуға болады:

$$F_{ИР} = \frac{Q_{БАmax} \cdot (1 + \varepsilon_{ИР} \cdot K_{э,ИР} \cdot A_T \cdot R_{БИР})}{A_T \cdot \varepsilon_{ИР} \cdot (T_{БАmax} - B_T) \cdot K_{э,ИР} - A_{Smax} \cdot S \cdot K_{ВНmax}}, \quad (5)$$

$$T_{ИРmax} = T_{БАmax} - Q_{БАmax} \cdot \frac{R_{БИР}}{F_{ИР}}.$$

ҒА-тың қатты суып кету жағдайы үшін жылулық режимдегі теңдеулердегі (4) жылулық ағындар мәндері жарықтанған бөлікте де, көлеңкелік бөлікте де минимал болып қабылданады:  $q_{ВНmin}, q_{ИРmin}$ . Бұл жағдайда сәулелегіш радиатордың белгілі ауданы кезінде (4) теңдеулерді бірлесіп шешу жағдайында құрал-жабдықтар блогының температурасының ең төменгі шегін ұстап тұратын жылытқыштар қуатын анықтауға болады:

$$Q_{об} = Q_{УТ} - Q_{БАmin} + \frac{(T_{БАmin} - B_T) \cdot K_{э,ИР} \cdot \varepsilon_{ИР} \cdot A_T - A_{Smin} \cdot S \cdot K_{ВНmin}}{1 + K_{э,ИР} \cdot \varepsilon_{ИР} \cdot A_T \cdot R_{БИР}} \cdot F_{ИР} \quad (6)$$

(5) және (6) теңдеулердің  $T_{БАmax}, Q_{БАmax}, Q_{БАmin}, Q_{УТ}$  белгілі мәндерінде, қосымша белгіленген жылуалмасудың жылу-физикалық параметрлері  $R_{БИР}, K_{ВНmin}, K_{ВНmax}, K_{э,ИР}$  және оптикалық сипаттамалар  $\varepsilon_{ИР}, A_{Smax}, A_{Smin}$  белгілі мәндерінде шешімі бар.

ҒА құрал-жабдықтарының жұмыс температуралар аралығын ұстап тұру пассивті және активті сызбалар мен құрылғыларды пайдалану арқылы жүзеге асырылады.

#### Қолданылған әдебиеттер тізімі:

1. Аксаментов В. А., Беднов С. М., Залетаев С. В. и др. Руководство для конструкторов по обеспечению тепловых режимов // ГОНТИ. Т. 1. М., –1988. –С.130.
2. Краев М. В., Голиковская К. Ф., Краев В. М., Загар О. В. Нестационарные тепловые режимы космических аппаратов спутниковых систем // монография, Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, –2004. –С.282.
3. Чеботарев В.Е. Основы проектирования космических аппаратов информационного обеспечения: учеб. пособие// Сиб.гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, –2011. –С.488.
4. Кошкина В.К. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике// учебник, под. Ред.. – Москва: Машиностроение, –1975. –С.624.