

## БЛОК ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КОСМИЧЕСКА ОРАНЖЕРИЯ СВЕТ

Иван Вилхелм Дандолов, д-р Тания Ненова Иванова,  
Пламен Тодоров Костов, Светлана Маркова Сапунова  
Институт за космически изследвания, Българска академия на науките

### SVET SPACE GREENHOUSE CONTROL UNIT

Ivan Wilhelm Dandolov, Tania Nenova Ivanova,  
Plamen Todorov Kostov, Svetlana Markova Sapunova  
Space Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences  
e-mail: tivanova@bgcict.acad.bg

*Abstract: The first facility for higher plant growing under microgravity SVET Space Greenhouse (SG) was launched onboard the CRYSTAL module docked to the MIR Orbital Complex (OC) in 1990 and the first two-month experiments with vegetables were carried out. A greenhouse of new generation SVET-2 SG with improved characteristics was developed (by NASA support) and launched onboard the MIR OC in 1996. Several successful long-term plant growth experiments were carried out as part of MIR-NASA-3,5 programs in 1996-97.*

*The SVET-2 SG Control Unit collects and processes the data obtained by the sensors for measurement of the environmental parameters during the vegetation cycle and controls all the systems of the greenhouse.*

*SVET-2 SG continues to work onboard MIR OC and new "Greenhouse 4,5" full life cycle "seed-to-seed" wheat experiments were carried out in 1998-99.*

Първата автоматизирана апаратура за отглеждане на висши растения в условията на микрогравитация - Космическа оранжерия (КО) СВЕТ е създадена в края на 80-те години по съвместен българо-руски проект и изстреляна на борда на модул Кристал, скачен с Орбиталния комплекс (ОК) МИР на 10 юни 1990. Първият успешен експеримент (54 дни) със зеленчуци (витаминозна добавка към храната на космонавтите) започна на 16 юни 1990 година [1].

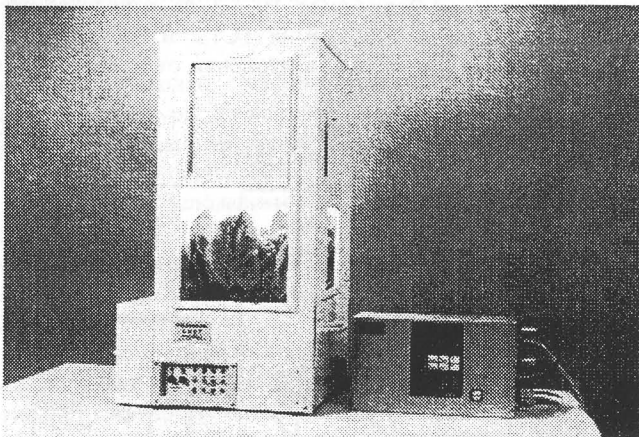
Експериментите с висши растения (пшеница) продължиха по програма Мир-Шатъл '95 в периода 10 август – 9 ноември 1995 [2].

Оранжерия от ново поколение (финансирана от НАСА) - КО СВЕТ-2 (фиг.1) с подобрени технически характеристики бе разработена и изстреляна на борда на ОК МИР и поредица успешни експерименти по отглеждане на различни видове растения бяха проведени в рамките на програмите МИР-НАСА-3,5 през периода 1996-97 г. [3], а през 1998-99 г. – по руска научна програма.

Блокът за управление (БУ) на КО СВЕТ (фиг. 2) е изграден на базата на специализирана микропроцесорна система с главни функции:

- измерване и индикация на основните параметри на средата за отглеждане на растенията;

- управление на изпълнителните механизми;
- формиране и предаване на информационен кадър за телеметрията.



Фиг.1. Новата модификация на Космическата оранжерия СВЕТ-2.  
Вдясно се вижда блока за управление.

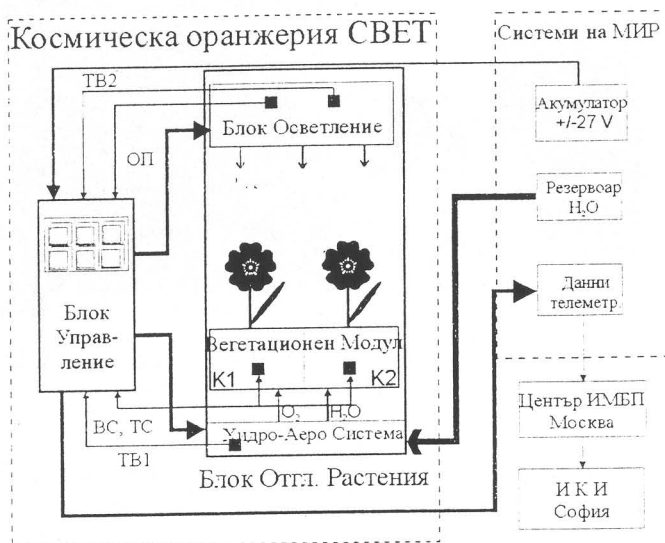
Блокът за отглеждане на растенията (БОР) се състои от:

- Вегетационен модул (ВМ), с две отделни вегетационни касети (К1,2) с хранителна среда (субстрат), в които се засажда растенията;
- Хидро-аеро система (ХАС), управлявана от БУ, която постоянно подава кислород (компресор) и вода (помпа) към корените на растенията;
- Блок за осветление (БО), включван и изключван от БУ по предварително зададена продължителност на осветителния период (ОП).

В БОР са разположени следните датчици, подаващи данни към БУ:

- Датчици за измерване на температурата на въздуха (температурно зависими полупроводникови елементи). Измерват се ТВ1 (температура на входящия въздух) и ТВ2 (температурата в зоната на БО). Нелинейността на характеристиката в обхвата  $10^{\circ} - 50^{\circ} \text{C}$  не превишава  $0,2^{\circ} \text{C}$ .
- Датчици за измерване на температурата (ТС1,2) и влажността (ВС1,2) на субстрата във ВМ. Работят на калориметричен принцип, при което методът на измерване на влажността включва и измерването на температурата на субстрата. Датчиците са разположени по един във всяка от касетите на вегетационния съд в техния геометричен център на 25 мм под повърхността на субстрата. В херметически затворен цилиндър са монтирани термометричен датчик и нагревател, при което измерителя на ТС1,2 работи непрекъснато, а нагревателя – само по време на измерването на ВС1,2. На всеки кръгъл час от БУ се подава команда за измерване на ВС1,2, като се запомня първоначалната стойност на ТС1,2. Включват се нагреватели и след

увеличаване на първоначалната температура с  $10^{\circ}\text{C}$  нагревателите се изключват. Времето за нагриване е пропорционално на влажността на субстрата около датчика. Величината  $BC_{1,2}$  се изчислява на базата на първоначалната и крайната стойност на  $TC_{1,2}$  и времето за промяна на температурата около датчика с  $10^{\circ}\text{C}$  в проценти от пълната влагоемкост на съответния субстрат.



Фиг. 2. Блок схема на КО СВЕТ – основни връзки на БУ с датчиците и със служебните системи на ОК МИР

В БУ е предвидена възможност за предварително задаване на определени прагови стойности на измерваните величини. При тяхното превишаване БУ реагира адекватно с цел предотвратяване на непоправими увреждания на растенията в БОР.

- праг на влажността на субстрата в  $K_{1,2}$  ( $PBC_{1,2}$ ) – когато влажността на субстрата  $BC_{1,2}$  превиши този праг, БУ спира подаването на вода съответно към  $K_{1,2}$  докато  $BC_{1,2}$  не слезе отново под зададения праг.
- праг на прегряване на въздуха - когато  $ТВ2$  превиши  $32^{\circ}\text{C}$ , БУ изключва лампите и включва вентилатора в непрекъснат режим с цел понижаване на  $ТВ2$ . При спадане на  $ТВ2$  под  $29^{\circ}\text{C}$  системата се връща обратно в нормален режим на работа.

Могат да бъдат задавани предварително или променени в процеса на работата на системата и следните времена:

- време за действие на водната помпа за 1 доза – изменяйки това време в границите 0.5 – 9.5 сек със стъпка 0.5 сек, може да се регулира достатъчно

прецизно големината на подаваната доза вода в зависимост от вида на отглежданите растения и степента на тяхното развитие.

- времетраене на осветителния период (ОП) – при необходимост времето през което са включени лампите може да се променя в рамките на 1 – 23 часа със стъпка 1 час.

БУ изпълнява няколко основни програми, които се избират от специализирана клавиатура. Клавишите са разпределени в две зони. В едната зона са разположени клавишите за управление на режимите за овлажняване на субстрата. В другата - клавишите за управление на режимите на работа (програмите) на БУ. Заложените в БУ програми осигуряват следните възможности:

PROGRAM 1 – автономна проверка на изпълнителните механизми и на някои измервателни системи. Видът на неизправностите се индицират на лицевия панел на БУ;

PROGRAM 2 – първоначално овлажняване на субстрата в двете вегетационни касети с цел създаване на оптимални условия за развитие на семената във ВМ. След стартирането на програмата през всеки 20 минути се впръсква по една чоза вода в двете секции. Изпълнението на програмата продължава около 10 часа. На всеки кръгъл час се измерват ВС1,2. Ако в някоя от секциите ВС1,2 > 95% се получава съобщение за нещатна ситуация.

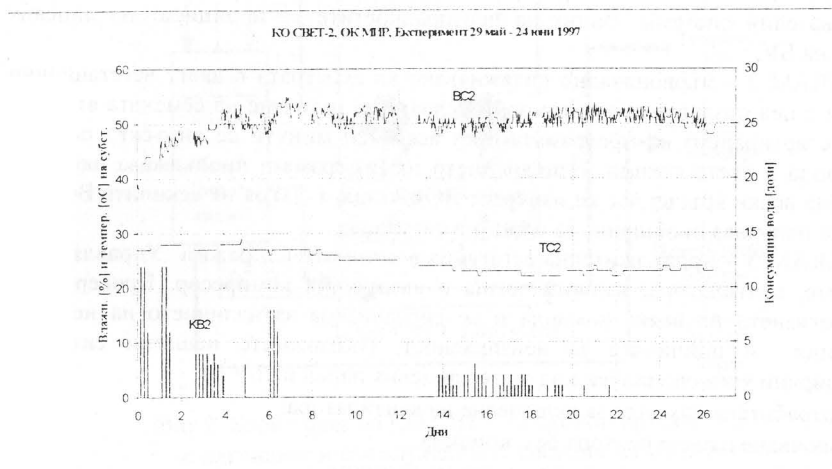
PROGRAM 3 – продължителна вегетация в автоматичен режим. Управлят се лампите, вентилатора, водната помпа и въздушния компресор. Проверява се отработването на всяка команда и се сигнализира за наличието на нещатна ситуация и причината за неизправност. Възможните нещатни ситуации индицирани чрез специален код върху лицевия панел на БУ са:

- неотработена команда за включване на вентилатора;
- включване на вентилатора без команда;
- неотработена команда за включване на лампите;
- включване на лампите без команда;
- неотработена команда за включване на помпата;
- включване на помпата без команда;
- преовлажняване на субстрата;
- осушаване на субстрата;
- неотработена команда за включване на компресора;
- включване на компресора без команда.

Във всеки момент космонавтите могат да проверяват работоспособността на системите, да проследяват текущите стойности на параметрите и да променят заданията чрез специализираната клавиатура. Влажността се управлява поотделно във всяка от двете вегетационни касети. Необходимото количество вода (в брой дози) се подава по таблица според текущата стойност на ВС1(2).

Влажност на субстрата	Брой дози на час
BC1,2 > ПBC1(2)	0
ПBC1(2) – 8% < BC1,2 < ПBC1(2)	1
BC1,2 < ПBC1(2) – 8%	2

На фиг. 3 е показано поддържането на влажността на субстрата (BC2) в оптимални граници в една от касетите (К2) на ВМ по време на първия месец на експеримент проведен КО СВЕТ-2 на ОК МИР през 1997 г.. Могат да бъдат проследени и консумираната вода (KB2) в брой дози и температурата на субстрата (TC2).



Фиг. 3. Динамика на параметрите на субстрата по време на първия месец на експеримент в КО СВЕТ на борда на ОК МИР през 1997 г.

Компресорът се включва 10 минути след началото на кръгъл час за 30 мин.

Предвидени са и резервни програми, които могат да бъдат стартирани при отказ на датчиците за влажност и да работят по предварително зададен режим на овлажняване.

Предвиден е механизъм за запазване на текущото състояние на системата в БУ при отпадането на захранващото напрежение по време на вегетационния цикъл. След възстановяването му автоматично се продължава изпълнението на програмата на базата на текущото състояние на системата от момента на отпадането на захранването.

Алгоритмите, залегнали в програмите целят създаването на оптимални климатични условия в БОР за нормално израстване и развитие на висши растения в условия на микрогравитация.

На 4 часа БУ формира телеметричен кадър, състоящ се от 6 колони информация, показващи развитието на експеримента през последните 24 часа. Кадърът се изпраща в Центъра за управление на полетите в Института по медико-биологични проблеми (ИМБП) в Москва, а оттам в ИКИ – София за понататъшна обработка на информацията и вземане на решения за оперативно управление на текущия експеримент.

По време на шестмесечните експерименти с нискостеблена пшеница *Super Dwarf* през 1996 г. в класовете нямаше семена, независимо от нормалните параметри на околната среда подържани от БУ. Установи се, че причината е високото съдържание на етилен в кабината на ОК МИР. През 1997 г. се проведеха 3 последователни експеримента с друг вид култура (*Brassica Rapa*). По време на първия експеримент (виж параметрите на субстрата на фиг.3) се получиха семена, които бяха засадени отново на борда и се разви второ поколение растения.

През периода 1998-1999 година КО СВЕТ-2 продължи работата си на борда на ОК МИР и бяха повторени горните експерименти с нов по-устойчив сорт пшеница *Apogey*. Най-накрая бяха получени две поколения семена и от пшеница в условия на микрогравитация, важна стъпка в осигуряване на храната на екипажите при продължителни комически мисии.

Натрупаният опит ще бъде използван в бъдещи съвместни проекти (вероятно с италианската или бразилската космически агенции) за създаване на нови съвременни системи за провеждане на научни експерименти с висши растения на бъдещата Международна космическа станция с две основни цели:

- да се задълбочи разбирането на фундаменталните механизми регулиращи растежа и нормалното развитие на висшите растения на Земята;
- да се оцени възможността за използване на растенията като основно звено на бъдещите биологични системи за поддържане на живота на космическите екипажи при дългосрочните им мисии: в орбиталните станции, на научните станции на Луната и при полета на човека до Марс.

## Литература

1. T.N.Ivanova, Yu.A.Berkovich, A.L.Mashinskiy, G.I.Meleshko. The First "Space" Vegetables have been Grown in the "SVET" Greenhouse Using Controlled Environmental Conditions. *Acta Astronautica* (ISSN 0094-5765), Vol. 29, 8, 1993, 639-644.
2. T.N.Ivanova, S.M.Sapunova, P.T.Kostov. New Biotechnological Experiment Greenhouse SVET-2 for the MIR-SHUTTLE'95 Mission. *ACTA VET. BRNO* (ISSN 0001-7313), vol.65, 1, 1996, 5- 9.
3. T.N.Ivanova, P.T.Kostov, S.M.Sapunova, I.W.Dandolov, F.B.Salisbury, G.E.Bingham, V. N.Sytchov, M.A.Levinskikh, I.G.Podolski, D.B.Bubenheim, G.Jahns. Six-Month Space Greenhouse Experiments - a Step to Creation of Future Biological Life Support Systems. *Acta Astronautica* (ISSN 0094-5765), Vol. 42, Nos. 1-8, 11-23, 1998.