

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ НАЗЕМНЫХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

М. А. Васильев

*Рассмотрены вопросы расчета максимальной загрузки средств наземного автоматизированного комплекса управления космическими аппаратами в целях оценки их достаточности для выполнения задач по выполнению технологического цикла управления. Проведен анализ существующего подхода к расчету максимальной загрузки наземных средств при проведении долгосрочного планирования их работы. Раскрыты этапы расчета максимальной загрузки наземных средств управления космическими аппаратами. Предлагается проводить расчет максимальной загрузки на основе анализа имеющихся в системе планирования работы наземных средств, статистических данных о количестве проводимых ими сеансов управления, а также данных об их тактико-технических характеристиках. Это поможет существенно повысить точность оценки достаточности наземных средств для управления космическими аппаратами при проведении долгосрочного планирования их работы.*

**Ключевые слова:** наземное средство, космический аппарат, сеанс управления, максимальная загрузка, долгосрочное планирование, достаточность.

### Введение

Способность средств наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ) космическими аппаратами (КА) выполнению задачи по предназначению зависит от многих факторов и одним из основных является загрузка наземных средств. Загрузка средства НАКУ выражается в количестве сеансов управления (СУ) КА. Для оценки возможности выполнения средствами НАКУ задач управления КА в условиях изменений наземной и космической обстановки, при долгосрочном планировании их работы, проводится оценка достаточности средств НАКУ для управления КА. Одним из параметров, на основе которого производится оценка достаточности средств НАКУ, является максимальная загрузка средства НАКУ, которая характеризует способность наземного средства выполнять максимальное количество СУ за определенный период времени. В целях повышения достоверности оценки достаточности средств НАКУ необходимо как можно точнее рассчитывать их максимальную загрузку.

### Постановка задачи

Задача расчета максимальной загрузки наземных средств состоит в разработке показателя, характеризующего возможности средств НАКУ по выполнению максимального количества СУ КА за определенный период времени. Такой показатель должен основываться на имеющихся в системе планирования работы средств НАКУ данных. Это необходимо для исключения дополнительных действий персонала отдела планирования работы средств НАКУ по формализации, обработке и вводу в программный комплекс (ПК) долгосрочного планирования (ДП) дополнительной информации в целях максимально возможной автоматизации расчетов.

Существующая методика оценки максимальной загрузки средств НАКУ основана на использовании неполных данных. В основе существующей методики лежит исходный посыл, что максимальное время работы любых средств НАКУ в сутки равно 24 часам, а это не соответствует реальности (максимальное время работы средств НАКУ  $\leq 24$  часа в сутки). Поэтому требуется переводить оценку возможности наземных средств в другое качество – СУ.

Исходя из вышеизложенного существует настоятельная необходимость разработки методики оценки максимальной загрузки, основанной на использовании всех данных из находящихся в системе планирования средств НАКУ, которые несут в себе информацию о реальных возможностях наземных средств выполнить наибольшее количество сеансов управления КА.

### Решение задачи

Максимальная загрузка наземных средств управления КА является, по сути, характеристикой, схожей с производственной мощностью. Под производственной мощностью предприятия понимается максимально возможный выпуск продукции (выполнение работ, оказание услуг) за единицу времени в натуральном (или условно-натуральном) выражении в установленных производственной программой номенклатуре и ассортименте при полной загрузке оборудования для данного уровня технологии, организации производства и труда [1, 2]. Под продукцией понимается, в рассматриваемом случае, СУ КА. Минимально необходимой для расчетов регламентированной руководящими документами единицей времени принимаются сутки [3]. Технологические условия проведения СУ основаны на тактико-технических характеристиках (ТТХ) средств НАКУ и характеристиках орбитальной группиров-

ки (ОГ) КА, в целях управления которой проводятся СУ. Таким образом, максимальная нагрузка наземного средства – это количество СУ КА, которое может провести средство НАКУ исходя из своих ТТХ и характеристик ОГ КА, управление которой данное средство производит.

Для расчета максимальной загрузки средства НАКУ необходимо учесть ограничения – например, то, какое время средство тратит на проведение одного СУ КА. Для одного типа средств предлагается рассчитывать среднее время проведения СУ ( $\overline{T_{СУ}}$ ). Такой показатель будет отражать время проведения СУ.

Время перехода наземного средства с объекта на объект определяется техническими характеристиками средств, отраженными в эксплуатационной документации. Также время перехода между сеансами может определяться особенностями технологии работы средства и особенностями после-сеансной обработки, так как при расчете времени, потраченного на производство одной единицы продукции, учитывается время, необходимое для подготовки оборудования к следующему циклу производства единицы продукции [4, 5].

Для непрерывных производств с периодическим характером действия производственная мощность определяется по формуле

$$ПМ = n \frac{T_{эфф}}{T_{ц}}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество однотипного оборудования;  $T_{эфф}$  – эффективный фонд времени работы оборудования, час;  $T_{ц}$  – длительность цикла обработки сырья в аппарате [6, 7].

Таким образом, максимальную загрузку одного наземного средства за сутки ( $Z_{\max\text{сут}}$ ) можно рассчитать по формуле

$$Z_{\max\text{сут}} = \frac{T_{сут}}{T_{СУ}}, \quad (2)$$

где  $T_{сут}$  – максимально возможное время, отводимое средству НАКУ для выполнения сеансов управления КА за сутки (в часах);

$T_{СУ}$  – время, отводимое на проведение одного СУ (в часах).

Эффективный фонд времени равен разнице между календарным фондом времени и временем простоев в ремонтах и др. [7]

$$T_{эфф} = T_{кал} - T_{рем} - T_{праздн}. \quad (3)$$

Для определения времени, которое наземное средство тратит на проведение СУ в сутки, необходимо учесть, что средства НАКУ, в соответствии со своими техническими характеристиками, могут иметь ограничения по времени непрерывной работы [8]. Время непрерывной работы, определяемое эксплуатационными характеристиками, зависит от типа ТС НАКУ. Таким образом, максимально возможное время, отводимое средству НАКУ для выполнения сеансов управления КА за сутки, равно времени непрерывной работы средства НАКУ в сутки за вычетом времени, которое отводится на подготовку наземного средства к работе:

$$T_{сут} = T_{непр} - T_{подг}, \quad (4)$$

где  $T_{непр}$  – время непрерывной работы средства в сутки (в часах);  $T_{подг}$  – время подготовки средства к проведению СУ (в часах).

Время, отводимое средству НАКУ на проведение одного сеанса управления КА, равно сумме средней длительности сеанса управления и времени перехода с объекта управления на объект управления между СУ

$$T_{СУ} = \overline{T_{СУ}} + T_{пер}, \quad (5)$$

где  $\overline{T_{СУ}}$  – среднее время проведения СУ (в часах);  $T_{пер}$  – время перехода с объекта на объект между СУ (в часах).

Среднее время проведения СУ рассчитывается по формуле:

$$\overline{T_{СУ}} = \frac{T_{СУt}}{N}, \quad (6)$$

где  $T_{СУt}$  – длительность сеансов управления по типу ТС НАКУ за период времени (в часах);  $N$  – количество сеансов управления по типу ТС НАКУ за период времени.

Для  $n$  однотипных средств максимальная загрузка в сутки ( $Z_{\max n}$ ) будет рассчитываться по формуле

$$Z_{\max n} = \frac{T_{сут}}{T_{СУ}} n, \quad (7)$$

где  $n$  – количество работоспособных однотипных средств.

Максимальная загрузка ТС ( $Z_{\max}$ ) это – максимальное количество СУ, которое может выполнить совокупность  $n$  однотипных средств за период времени:

$$Z_{\max} = \frac{T_{\text{сут}}}{T_{\text{СУ}}} nT, \quad (8)$$

где  $T$  – период времени, за который необходимо рассчитать максимальную загрузку (в сутках).

Таким образом, предложенная методика расчета максимальной загрузки средств НАКУ состоит из следующих этапов:

1. Выбор типа средства НАКУ.
2. Расчет средней длительности СУ.
3. Уточнение времени непрерывной работы средства НАКУ в сутки.
4. Уточнение времени перехода между СУ.
5. Уточнение времени подготовки средства НАКУ к выполнению СУ.
6. Уточнение количества средств НАКУ одного типа с учетом ограничений на применение.
7. Выбор периода, за который необходимо рассчитать максимальную загрузку средства НАКУ.
8. Расчет максимальной загрузки средства НАКУ.

#### Заключение

Разработанная методика оценивает максимальную загрузку в СУ и основана на анализе комплекса данных, учитывающего непрерывное время работы средств НАКУ в сутки, время подготовки средств НАКУ к работе, время перехода средств НАКУ при выполнении сеансов управления с объекта на объект и статистические данные о работе средств НАКУ. ТТХ наземного средства четко определяют максимально возможное время, в которое средство может работать в течение суток. Среднее время СУ определяется исходя из ТТХ наземных

средств, а также статистических данных о среднем времени СУ, что несет в себе информацию о потребностях и характеристиках ОГ КА.

Таким образом, предложенная методика расчета максимальной загрузки наземных средств повышает оперативность и точность оценки достаточности средств НАКУ, так как опирается на данные несущие в себе более полную информацию о способности наземного средства выполнить максимальное количество СУ.

#### Литература

1. Зайцев Н. Л. Экономика промышленного предприятия : учебник / Н. Л. Зайцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : ИНФРА-М, 1998. – 482 с.
2. Шепеленко Г. И. Экономика, организация и планирование производства на предприятии: учеб. пособие для студ. экон. спец. вузов / Г. И. Шепеленко.– Ростов н/Д: Изд. центр «МарТ», 2003. – 592 с.
3. Стивенсон Р. Управление производством / Р. Стивенсон. – М. : Бинном, 1999. – 226 с.
4. Раицкий К. А. Экономика организации: учебник / К. А. Раицкий. – 4-е изд. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2003. – 401 с.
5. Гладышев А. И., Жуков А. О. Достоинства и недостатки имитационного моделирования с использованием нейронных сетей // Вестник Российского нового университета. Серия: Сложные системы: модели, анализ и управление. – 2013. – № 4. – С. 53 – 55.
6. Новицкий Н. И. Организация производства на предприятиях / Н. И. Новицкий. – М. : Финансы и статистика, 2001. – 89 с.
7. Новицкий Н. И., Горюшкин А. А. Организация производства: учеб. пособие / под ред. Н. И. Новицкого. – М. : КНОРУС, 2017. – 350 с.
8. Бочаров Л. Ю., Буханец Д. И., Жуков А. О. Использование квантовых информационных технологий при разработке сложных технических систем / Л. Ю. Бочаров, Д. И. Буханец, А. О. Жуков // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2014. – Т. 19. – № 11. – С. 4 – 9.

Поступила в редакцию 17.02.2020

*Максим Анатольевич Васильев, начальник лаборатории,  
e-mail: vasimaksim@mail.ru, т. +7-977-381-18-91.*

*(Главный испытательный космический центр МО РФ имени Г.С. Титова).*

## METHOD FOR CALCULATING THE MAXIMUM DOWNLOAD OF THE GROUND SPACECRAFT CONTROL STATIONS

**M. A. Vasilev**

*The problems of calculating the maximum load of the ground-based automated spacecraft control complex in order to assess their sufficiency for the fulfillment of the tasks of the technological control cycle are considered. The analysis of the existing approach to calculating the*

maximum load of ground spacecraft control stations during long-term planning of their work. The stages of calculating the maximum load of ground spacecraft control stations are disclosed. It is proposed to calculate the maximum load on the basis of the analysis available in the system for planning the operation of ground spacecraft control stations, statistical data on the amount they spend, control sessions, as well as data on their tactical and technical characteristics. This will help to significantly improve the accuracy of assessing the sufficiency of ground spacecraft control stations during long-term planning of their work.

**Keywords:** ground station, spacecraft, control session, maximum load, long-term planning, sufficiency, orbital grouping.

### References

1. Zaytsev N. L. Economics of industrial enterprises: textbook / N. L. Zaytsev. – 2<sup>nd</sup> edition., revised and updated. – M. : INFRA-M, 1998. – 482 p.
2. Shepelenko G. I. Economics, organization and production scheduling at the enterprise: study guide for students of higher education institutes specialized in economics / G. I. Shepelenko. – Rostov-On-Don: Publishing center ‘MarT’, 2003. – 592 p.
3. Stevenson R. Production management / R. Stevenson. – M.: Binom, 1999. – 226 p.
4. Raitskii K. A. Economics of enterprise: textbook / K. A. Raitskii. – 4<sup>th</sup> edition. – M. : Publishing and commercial group ‘Dashkov and Co’, 2003. – 401 p.
5. Gladyshev A. I., Zhukov A. O. Advantages and disadvantages of simulation modeling using the neural networks // Vestnik of Russian New University. Series: Complex systems: models, analysis and management. – 2013. – No. 4. – Pp. 53 – 55.
6. Novitskii N.I. Organization of production at the enterprises / N. I. Novitskii. – M. : Finances and statistics, 2001. – 89 p.
7. Novitskii N. I., Goriushkin A. A. Organization of production: study guide / eds. N. I. Novitskii. – M.: KNORUS, 2017. – 350 p.
8. Bocharov L. Iu., Bukhanets D. I., Zhukov A. O. Application of quantum information technologies during the development of complex technical systems / L. Iu. Bocharov, D. I. Bukhanets, A. O. Zhukov // Electromagnetic waves and electronic systems. – 2014. – V.19. – No. 11. – Pp. 4 – 9.

*Maksim Anatolevich Vasilev, Head of Laboratory,  
e-mail: vasimaksim@mail.ru, tel.: +7-977-381-18-91.*

*(Main Test Space Center of the Ministry of Defense of the Russian Federation named after G.S. Titov).*