

УДК: 629.7.014.6

**Добровольский Д. В.**  
ДП «Антонов», м.Київ

## ПРИЗНАК НЕДОСТОВЕРНОСТИ ИНДИКАТОРНОЙ СКОРОСТИ ПОЛЕТА

Предложен критерий недостоверности индикаторной скорости полета, позволяющий идентифицировать одновременный отказ всех датчиков скорости. Выполнено моделирование отказа датчиков скорости средне – магистрального самолета

**Ключевые слова:** автоматизация, отказ датчика скорости, неконтролируемый разгон, датчик углов атаки, предотвращение катастрофической ситуации

### ВВЕДЕНИЕ

До недавнего времени потребность в создании автоматизированного критерия отказа датчиков скорости не была особенно актуальна. В первую очередь это было связано с низким уровнем автоматизации самолетов. Когда недостоверная информация о скорости, прежде всего оказывала влияние на летчика, и затрудняла пилотирование, с использованием «доли здравого смысла» отказ мог быть своевременно распознан, и предприняты своевременные действия по его парированию. Но, к сожалению, повышение степени автоматизации систем управления, наряду с повышением комфорта пилотирования, также принесло и новые проблемы. Отказ приемников воздушного давления (ПВД), обычно используемых в качестве датчиков скорости, при высокой степени автоматизации может привести к летальным последствиям ранее, чем он будет идентифицирован.

### ВЕРОЯТНОСТЬ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКАЗА ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ

Опыт эксплуатации воздушных судов показывает, что возможны как временные, так и постоянные отказы датчиков скорости. По данным, собранным фирмой Airbus [5], обычно случаи недостоверных показаний датчиков скорости, проявившиеся на малой высоте, являются постоянными (засорение ПВД вследствие ливневого дождя, сильного обледенения, пылевых облаков, вулканического пепла, насекомых, посторонних предметов, и даже просто не снятых заглушек ПВД);

Недостоверные показания датчиков скорости, возникшие на большой высоте, как правило, выше FL250, являются временным явлением, и обычно происходят в результате засорения приемников воздушного давления водой или льдом в особых метеорологических условиях. Опыт эксплуатации показывает, что такое засорение обычно исчезает через несколько минут, и работа датчиков скорости восстанавливается.

В литературе [3, 4], приведены результаты исследований влияния характера и степени обледенения ПВД на значение индикаторной скорости.

В наиболее распространенных случаях обледенения (на высотах до 5000 м, при температуре

0...-30<sup>0</sup>) входное отверстие ПВД уменьшается по мере нарастания льда, при этом значение индикаторной скорости уменьшается незначительно. Когда площадь входного отверстия становится одного порядка с площадью дренажных отверстий, происходит резкое уменьшение динамического давления в камере ПВД, вследствие чего значение индикаторной скорости резко падает.

Менее распространенный, однако, тем не менее, вероятный характер обледенения ПВД, это так называемое «забивание» ПВД льдом при попадании в кристаллические ледовые облака. Данное явление происходит при температурах до -40...-50<sup>0</sup> – более низких, чем температуры, на которые рассчитаны обогреватели ПВД. В этом случае значение индикаторной скорости падает мгновенно.

### ПОСЛЕДСТВИЯ ОТКАЗА ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ

Последствия полного отказа датчиков скорости, по степени тяжести, различаются в зависимости от конструктивных особенностей самолета, а также особенностей его системы управления.

Если для самолета с механической проводкой управления, временное исчезновение показаний скорости, как правило, квалифицируется как сложная ситуация, то самолета с высокой степенью автоматизации некорректный сигнал скорости приводит к более серьезным последствиям. Связанно это с тем, что многие современные электродистанционные системы управления используют сигнал индикаторной скорости, и ложное, даже нулевое значение скорости воспринимают как истинное.

Для современного самолета, имеющего высокий уровень автоматизации и использующего в системе управления значение индикаторной скорости, при наличии включенного автопилота неконтролируемый отказ датчиков скорости может сопровождаться непредсказуемыми маневрами (в автопилоте обычно используются значения индикаторной скорости), увеличением колебательности самолета, произвольным вводом тангажа и режима двигателя. Однако, самое опасное то, что вследствие ложных значений скорости возможен переход системы управления на большие значения передаточных чисел. В этом случае

эффективность управления становится чрезмерной и возможно разрушение вследствие больших отклонений рулей на большой скорости.

Несмотря на то, что по данным Airbus отказ на большой высоте (и соответственно в крейсерской конфигурации) длится всего лишь несколько минут, именно за эти несколько минут ситуация может стать катастрофической.

В качестве примера можно привести катастрофу Airbus A320-203 F-GZCP, выполнявшего рейс по маршруту Рио-де-Жанейро – Париж в ночь с 31.05.2009 на 1.06.2009. Попадание в кучево-дождевые облака мощного вертикального развития на эшелоне FL350, обусловило, во-первых, отказ всех приемников воздушного давления вследствие обледенения, с которым не смог справиться обогрев, во-вторых, за счет значительной турбулентности – выход на большие углы атаки, соответствующие “вторым” режимам полета, на которых существенно возрастала тяга, потребная для горизонтального полета.

Существуют и другие примеры, не менее трагичные. Так, причиной катастрофы самолета Ан-148 RA-61 704 11.03.2018 также является невключение обогрева ПВД, приведшее к их обмерзанию и потере информации о скорости.

Указанные факты наглядно иллюстрируют потребность в создании автоматизированного признака отказа датчиков скорости, позволяющего во – первых переключить систему управления в резервный режим без использования сигнала скорости, во-вторых индицировать пилотам сообщение об отказе.

#### РАСПОЗНАВАНИЕ ОТКАЗА ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ

До недавнего времени не существовало строгих требований по введению в летную документацию рекомендаций, по выполнению полетов при полном отсутствии информации о скорости. Поэтому мнения по этому вопросу у различных разработчиков отличаются. В зависимости от своего видения ситуации кто-то из разработчиков приводит рекомендации по безопасному завершению полета, а кто-то - что подобный отказ практически невероятен вследствие многократного резервирования. Последнее утверждение не выдерживает критики, так как ПВД расположены на самолете весьма близко и соответственно одновременно попадают в идентичные метеоусловия.

Как правило, в настоящее время, отказ датчиков скорости идентифицируется в случае критического рассогласования между показаниями скорости различных датчиков. Однако, данный подход неприменим в случае одновременного отказа всех датчиков, например, в случае попадания в облако вулканического пепла, или в зону интенсивных переохлажденных осадков.

В случае полного отказа всех датчиков скорости, первым требованием, как правило, является отключение автопилота, и автомата тяги.

Кроме того, в QRH (quick reference handbook) – книгу отказных ситуаций, включен список систем и сигналов, которые без информации о индикаторной скорости работают не корректно, а также рекомендации об ограничении маневрирования. В случае необходимости, производится переключение системы управления в режим, не использующий значения индикаторной скорости.

Тем не менее, в настоящее время не существуют единые стандартные признаки, позволяющие четко идентифицировать не сигнализируемый отказ всех датчиков скорости.

Так, например, на самолетах Airbus включение резервного режима „Backup speed scale” (замена на дисплее шкалы скоростей шкалой углов атаки) производится только в случае ручного выключения пилотом всех ADR (Air Data Reference).

#### ПРИЗНАК НЕДОСТОВЕРНОСТИ ИНДИКАТОРНОЙ СКОРОСТИ

Основная идея предлагаемого признака достоверности индикаторной скорости – несоответствие между значениями текущей индикаторной скорости и текущего угла атаки.

$$\sigma(V_{IH})=0 \text{ при } \begin{cases} V_{ID} \leq V_{\hat{e}} \\ \alpha < \alpha_{\hat{e}} \end{cases} \quad (1)$$

здесь:

$\sigma(V_{IH})$  – признак достоверности индикаторной скорости;

при  $\sigma(V_{IH})=1$  скорость достоверная;

при  $\sigma(V_{IH})=0$  скорость не достоверная;

$V_{IH}$  – текущее значение измеренной индикаторной скорости;

$V_{\hat{e}}$  - контрольное значение индикаторной скорости;

$\alpha$  - текущее значение угла атаки;

$\alpha_{\hat{e}}$  - контрольное значение угла атаки;

Типичная для среднемагистрального самолета, зависимость крейсерских полетных углов атаки от скорости, полетного веса и числа  $M$ , представлена на рис. 1. С точки зрения безопасности наиболее критичным является отказ датчиков скорости на больших полетных массах, при полетных числах  $M$  близких к  $M_{MO}$ . Значение  $V(\alpha_{\hat{air}}, M_{\hat{if}})$  является минимальным допустимым значением скорости при текущем полетном  $M$  и весе. Его достижение вызовет почти рефлекторную реакцию пилота по уменьшению угла тангажа с целью увеличения скорости ( $\alpha_{\hat{air}}$  - максимально допустимый угол атаки;  $M_{MO}$  - максимальное число  $M$ , допустимое в эксплуатации). Аэродинамическое качество на данном режиме достаточно высокое. Связано это с тем, что стратегической задачей аэродинамического проектирования самолета транспортной категории является достижение максимального крейсерского качества при максимальном крейсерском числе  $M$ .

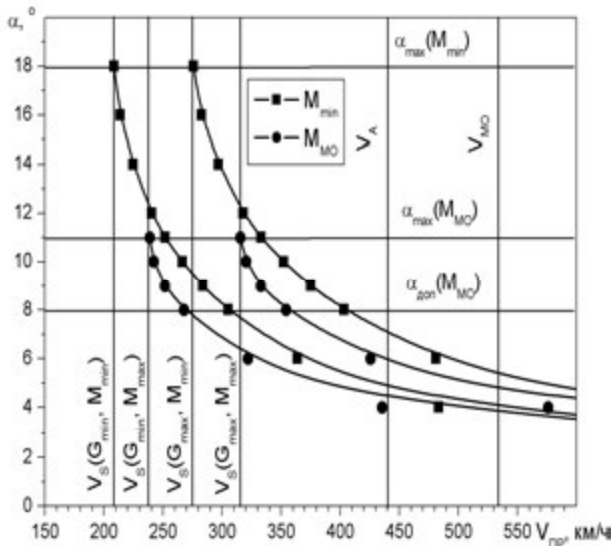


Рис.1 - Средний магистральный самолет.  
Зависимость  $\alpha=f(G, M)$

Высокое качество в сочетании с большой полетной массой, в случае отказа датчиков скорости может вызвать интенсивный неконтролируемый разгон до скорости более  $V_A$ . ( $V_A$  – максимальная индикаторная скорость, при достижении которой допускается полное отклонение рулей из условия прочности).

Исходя из приведенных соображений, значение  $\alpha_{\dot{\epsilon}}$  принято:

$$\alpha_K = \alpha_{don}(M_{MO}) \quad (2)$$

В качестве  $V_K$  принято минимально возможное в полете значение индикаторной скорости –

$$V_K = V_S(V_{min}, G_{min}) \quad (3)$$

скорость  $V_S$  – скорость сваливания при минимальной полетной массе и минимальном числе  $M$  (рис.1). Уменьшение разницы между  $V_{\dot{\epsilon}}$  и  $V(\alpha_{\dot{\epsilon}})$  увеличивает чувствительность признака, но вместе с тем увеличивает вероятность ложного срабатывания, вследствие зашумленности сигнала  $\alpha$

Также изначально рассматривалось введение в алгоритм дополнительного члена, учитывающего влияние перегрузки на изменение угла атаки, однако в ходе отработки эта идея не получила дальнейшего развития. У самолетов транспортной категории значения вертикальной перегрузки относительно невелики, а вот шум датчиков перегрузки периодически вызывал ложное срабатывание алгоритма. На рис.2 представлены

результаты моделирования полного отказа датчика скорости.

Как видно из записи, время срабатывания признака 7 сек – несколько более расчетного. Связано это прежде всего с колебаниями датчика угла атаки, вследствие чего для выполнения условия (1) в течении времени, большего чем период опроса датчиков, фактически необходим больший временной период.

#### ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ЛОЖНОГО СРАБАТЫВАНИЯ ПРИЗНАКА

При формировании признака отказа предпочтение отдается информации от датчика угла атаки. Связано это с тем, что последствия ложного срабатывания признака (переход на резервный закон управления, и резервную методику пилотирования) не сравнимы с разрушением самолета при неконтролируемом увеличении скорости.

Кроме того, датчик углов атаки (флюгарка) имеет большую степень надежности, чем ПВД. Даже в случае отказа обогрева флюгарки, она потеряет подвижность только в случае значительных ледовых отложений в зоне ее установки.

Тем не менее, существуют способы уменьшения вероятности ложного срабатывания (или не срабатывания) признака.

Во-первых это фильтрация сигнала датчиков угла атаки. Характерная форма флюгарок обуславливает их колебания и значительную ремнанту (шумовую составляющую). В качестве фильтра можно рекомендовать аperiodическое звено с константой, подобранной в зависимости от характеристик сигнала.

Во-вторых, это принятие в качестве дополнительного критерия минимального времени выполнения условия (1). Вместе с тем, это время не должно позволять разогнаться самолету до опасных скоростей. При моделировании данного работы признака, опытным путем было получено время, соответствующее полупериоду длиннопериодического движения самолета.

#### ВЫВОДЫ

Внедрение данного признака позволит повысить безопасность полетов путем предотвращения выхода самолетов на нерасчетные режимы, в случае отказа датчиков скорости, и отсутствия ее индикации.

При практической реализации данного признака необходима подборка параметров фильтрации и времени срабатывания признака, в зависимости от динамических характеристик конкретного типа самолета и параметров его датчиков.

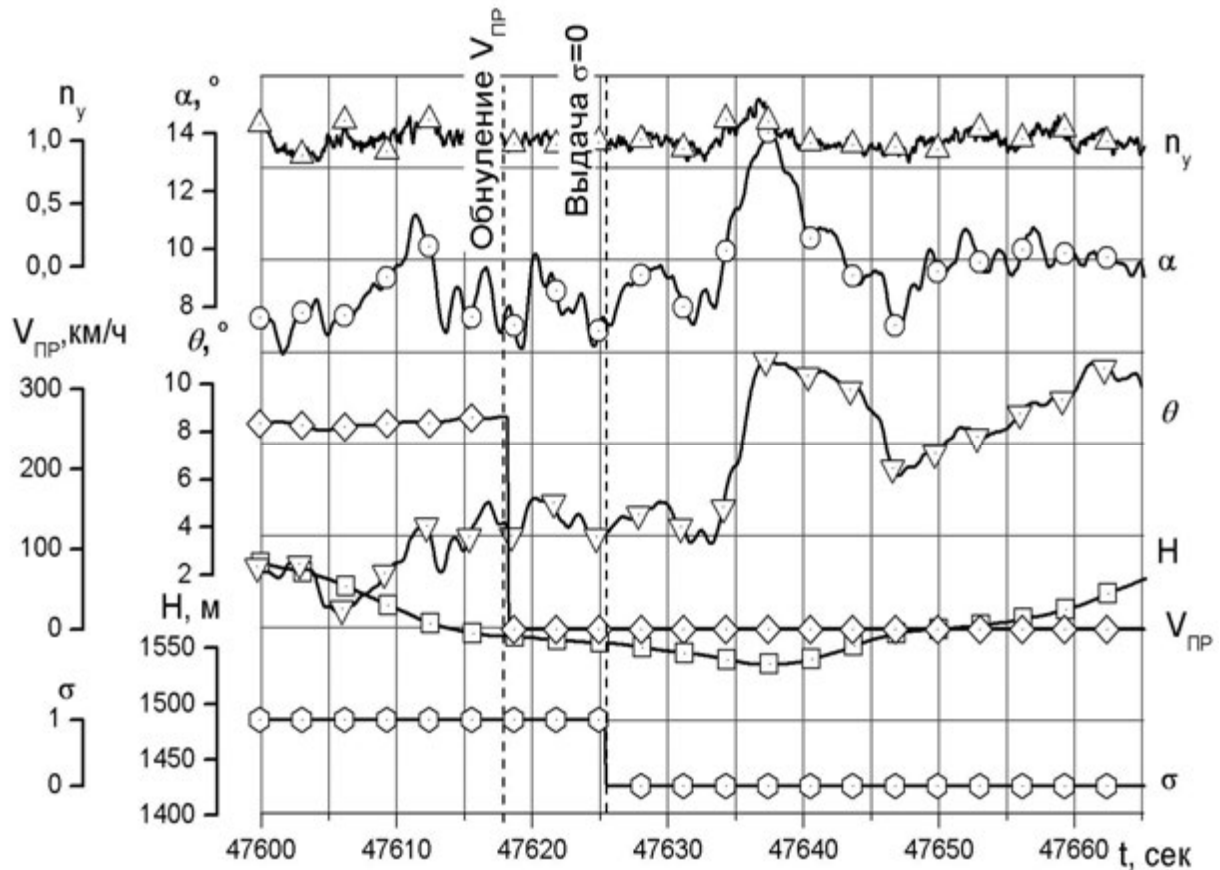


Рис.2. - Средний магистральный самолет.  
Моделирование отказа датчиков скорости

#### Список литературы:

1. Авиационные правила. Часть 25, ред 16. Приложение С – Обледенение.
2. П.Д. Астапенко, А.М. Баранов, И.М. Шварц, Авиационная метеорология, М.; Транспорт, 1985 г.
3. «Противообледенительные системы летательных аппаратов. Основы проектирования и методы испытания» Под ред. Р.Х. Тенишева, Москва, Машиностроение., 1967 г.
4. «Методы инженерно-психологических исследований в авиации», под ред. Ю.П. Доброленского, Москва, Машиностроение, 1975 г.
5. Interim report on the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro – Paris, BEA, 2009.
6. Airbus A318/319/320/321. Flight Crew Operation Manual. QRH Unreliable speed indication. Airbus. 2011.
7. BOEING 767. Flight Crew Operation Manual. QRH. Delta Airlines Inc. 2008
8. Max Kingsley-Jones. Airbus buck up and altitude displays. Flight international, 28.03 – 3.04.2006

#### Referens

1. Авиационные правила. Часть 25, ред 16. Приложение С – Обледенение.
2. П.Д. Астапенко, А.М. Баранов, И.М. Шварц, Авиационная метеорология, М.; Транспорт, 1985 г.
3. «Противообледенительные системы летательных аппаратов. Основы проектирования и методы испытания» Под ред. Р.Х. Тенишева, Москва, Машиностроение., 1967 г.
4. «Методы инженерно-психологических исследований в авиации», под ред. Ю.П. Доброленского, Москва, Машиностроение, 1975 г.
5. Interim report on the accident on 1st June 2009 to the Airbus A330-203 registered F-GZCP operated by Air France flight AF 447 Rio de Janeiro – Paris, BEA, 2009.
6. Airbus A318/319/320/321. Flight Crew Operation Manual. QRH Unreliable speed indication. Airbus. 2011.
7. BOEING 767. Flight Crew Operation Manual. QRH. Delta Airlines Inc. 2008
8. Max Kingsley-Jones. Airbus buck up and altitude displays. Flight international, 28.03 – 3.04.2006

## ОЗНАКА НЕВІРОГІДНОСТІ ПРИБОРНОЇ ШВИДКОСТІ

Дмитро Добровольський

Запропоновано ознаку невірогідності приборної швидкості польоту, яка дозволяє ідентифікувати одночасну відмову всіх датчиків індикаторної швидкості польоту. Виконано моделювання відмови датчиків швидкості середньо-магістрального літака.

**Ключові слова:** автоматизація, неконтрольований розгон, датчик кутів атаки, запобігання розвитку катастрофічної ситуації.

## SIGN OF INDICATOR AIRSPEED INVALIDATION

Dmitry Dobrovolsky

Suggested indicator airspeed criteria, which make it possible to recognize a simultaneously all airspeed sensors failure. Completed a speed sensor failure modeling for middle-range aircraft.

**Keywords:** automation, KIAS failure, uncontrolled acceleration, AOA sensor, preventing of disaster development.

## СИСТЕМИ НАВИГАЦІЇ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

УДК: 520.2:520.8:523.44:51-71

**Кожухов А. М.**

Центр приема специальной информации и контроля навигационного поля, Украина, Хмельницкая обл., Дунаевецкий р-н, с. Залесцы

### ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛЕСКОПА ПРИ ПОИСКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ МАЛЫХ ТЕЛ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

Обзорно-поисковые наблюдения малых тел (астероиды, кометы) Солнечной системы обычно проводятся путем последовательного прохождения нескольких площадок в границах выбранной зоны небесной сферы. Размеры площадок соответствуют размерам поля зрения телескопов, используемых для наблюдений. В работе предложен метод поиска оптимальной траектории (последовательности) обхода площадок путем решения геометрической задачи коммивояжера. Показано, что для равносторонних площадок может быть использован безитерационный метод нахождения оптимальной траектории обхода. Полученные результаты могут быть использованы при планировании обзорно-поисковых наблюдений космических объектов оптическими телескопами.

**Ключевые слова:** малые тела Солнечной системы, оптические наблюдения, обзорно-поисковые наблюдения, оптимизация проведения оптических наблюдений.

#### Введение

Анализ литературы показывает, что основное внимание в найденных работах [1 – 4] посвящается вопросам оптимизации планирования разнородных наблюдений объектов, разбросанных по всей небесной сфере за одну ночь. При этом вопросы оптимизации проведения повторяющихся наблюдений одного участка небесной сферы (к ним относятся как раз обзорно-поисковые наблюдения МТСС) в явном виде в найденной литературе не рассмотрены. Единственное упоминание было обнаружено в одном из обсуждений на форуме российской Научной сети оптических инструментов для астрометрических и фотометрических наблюдений (НСОИ АФН) (<http://astronomer.ru/forum/index.php?topic=5036.0>). В ней известный наблюдатель МТСС Леонид Еленин пишет о разработанной им программе планирования наблюдений, которая позволяет значительно увеличить площадь участка небесной сферы, который наблюдается за ночь. Однако особенности используемых алгоритмов планирования в теме не приводятся. Среди иных частных случаев оптимизации наблюдений значительное внимание уделено автоматическому наблюдению гамма-всплесков [5], но методика подобных наблюдений резко отличается от наблюдений МТСС. Поэтому представляется целесообразным разработать оптимальную методику проведения подобных наблюдений.

#### Особенности обзорно-поисковых наблюдений МТСС

Основным их отличием является необходимость обнаружения МТСС на фоне звезд.

Так как на одиночном кадре эти типы объектов чаще всего не отличаются друг от друга (штриховые изображения МТСС со значительным видимым движением являются, скорее, исключением), то обычно делается несколько (при поисковых наблюдениях обычно 2-5) кадров одного и того же участка неба с значительным временным промежутком (обычно от 5 до 25 минут). Затем на этих кадрах ищутся (визуально или с помощью специального программного обеспечения) объекты с ненулевым видимым движением, которые и являются обычно МТСС.

Чаще всего планирование обзорно-поисковых наблюдений МТСС на одну ночь осуществляется следующим образом. По каким-то критериям выбирается достаточно большая зона на небе, которая разбивается на площадки, размер которых соответствует размеру поля зрения используемого телескопа.

Для обеспечения требуемого времени между кадрами, зона может быть разбита на подзоны. При проведении наблюдений телескоп последовательно наводится на все площадки подзоны и делает по первому кадру, затем следует возвращение на начальную площадку для проведения съемок следующей серии кадров. Перемещение телескопа между площадками может происходить в самой различной последовательности, единственным условием является попадание телескопа на каждую из них до его возвращения в исходную точку.

#### Постановка задачи

Пусть имеется зона прямоугольной формы размером  $m \times n$  площадок, все из которых доступны для наблюдения. Каждая площадка

представляет собой квадрат, размеры которого соответствуют размерам поля зрения телескопа. Отвлечения телескопа на другие задачи не предусматривается. Считается, что телескоп наводится точно в центр площадки, и сбоев в наведении нет. Прежде, чем вернуться на исходную площадку телескоп должен побывать на каждой из  $m \cdot n$  площадок. Скорости движения телескопа по обеим осям одинаковы. Требуется найти такую траекторию перемещения телескопа между площадками  $S$ , общее время на прохождение которой  $t_{\Sigma}$  будет наименьшим:

$$t_{\Sigma}(S) \xrightarrow{S} \min \quad (1)$$

### Особенности поставленной задачи

Оптимизационная задача (1) представляет собой частный случай так называемой эвклидовой (геометрической) задачи коммивояжера (см., например, [6, 7]). Основной особенностью данного частного случая является наличие у каждого отдельного узла от трех до восьми ближайших узлов, затраты на переход в которые одинаковы и минимальны. Так как телескоп движется с одинаковой скоростью по обеим осям, а перемещение осуществляется по двум осям одновременно, то в качестве затрат на каждое перемещение выбирается наибольшее из двух

возможных значений.

Если минимальные затраты принять равными единице (переход ровно на одну площадку, единичное перемещение) и пронумеровать все площадки от левого верхнего угла слева направо и сверху вниз, то матрица затрат задачи (1), например, для , примет вид, показанный в табл. 1.

В общем случае задача коммивояжера относится к классу неполиномиально сложных задач и требует для своего решения достаточно требовательные в вычислительном отношении методы, например, метод ветвей и границ [6 – 8], хотя при сравнительно небольшом количестве узлов (как в рассматриваемом случае) вычислительные затраты на решение будут не очень велики. Однако, рассмотренные выше ее особенности позволяют значительно упростить решение, сделав его безитерационным.

Очевидно, что решение задачи (1) достигается при минимальной сумме затрат на перемещение. В рассматриваемом случае, эта сумма не может быть меньше количества площадок в зоне, т.е. . Таким образом, любая траектория, сумма затрат при прохождении которой будет равно , является решением задачи (1). Также очевидно, что по такой траектории телескоп должен перемещаться с площадки только на соседнюю площадку, а любые перемещения на две и более площадки по любой координате являются «лишними».

Таблица 1

Матрица затрат для зоны с размерами  $m=3, n=4$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	#*	1	2	1	1	2	2	2	2	3	3	3
2	1	#	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3	2	1	#	2	1	1	2	2	2	3	3	3
4	1	1	2	#	1	2	1	1	2	2	2	2
5	1	1	1	1	#	1	1	1	1	2	2	2
6	2	1	1	2	1	#	2	1	1	2	2	2
7	2	2	2	1	1	2	#	1	2	1	1	2
8	2	2	2	1	1	1	1	#	1	1	1	1
9	2	2	2	2	1	1	2	1	#	2	1	1
10	3	3	3	2	2	2	1	1	2	#	1	2
11	3	3	3	2	2	2	1	1	1	1	#	1
12	3	3	3	2	2	2	2	1	1	2	1	#

\* Символ # означает запрещение перехода. Матрица затрат в общем виде не приводится из-за ее громоздкости, а также из-за того, что ее вид зависит от соотношения значений  $m$  и  $n$ .

### Возможные варианты перемещения телескопа между площадками

Наиболее простым вариантом является «сканирование» (рис. 1). Оно заключается в последовательном смещении телескопа на размер площадки вдоль одной координаты до границы зоны, с последующим переходом на следующую полосу площадок. В зависимости от того, вдоль какой координаты производится последовательное смещение, «сканирование» может быть «горизонтальным» (рис. 1 а)) или «вертикальным»

(рис. 1 б)). Основным недостатком данного метода является наличие большого количества «лишних» перемещений.

Уменьшить количество лишних перемещений можно с помощью метода «змейки» (рис. 2). В этом случае остается только одно «лишнее» перемещение – к начальной площадке после окончания обхода.

Как оказалось, можно сформировать такую траекторию движения телескопа, при которой лишние перемещения отсутствуют вовсе. Сделать это можно путем комбинации описанных выше

методов (рис. 3). Элементы 1 и 2 траектории являются элементами «горизонтального» и «вертикального» сканирования соответственно, а элемент 3 представляет собой «змейку». Для реализации такого комбинированного метода перемещения необходимо только одно условие – сторона зоны, вдоль которой осуществляется перемещение по элементу 2, должна состоять из четного количества площадок, т.е.:

$$m = 2l \vee n = 2k. \quad (2)$$

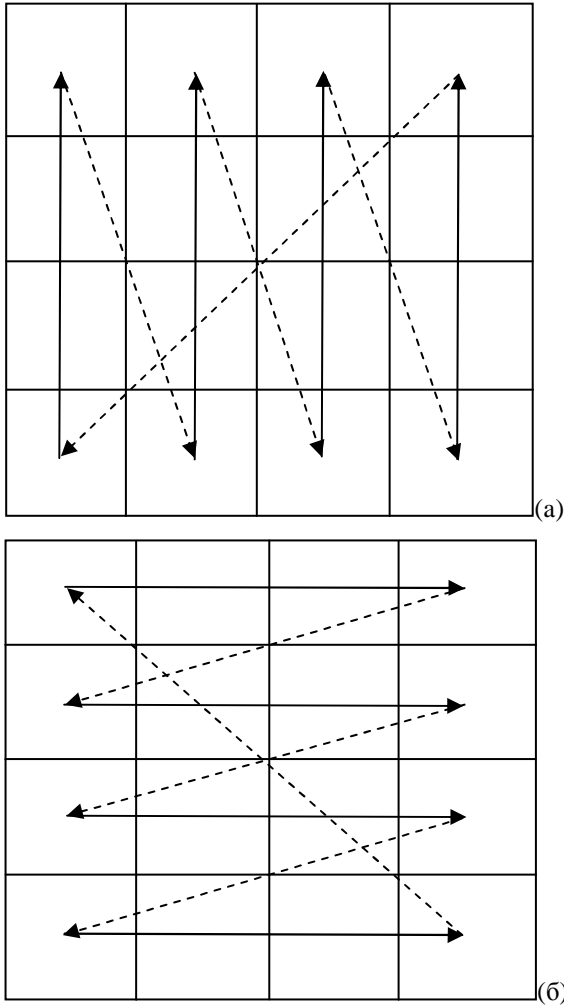


Рис. 1 – Метод «сканирования»: а) – «горизонтальное» сканирование; б) – «вертикальное» сканирование. На этом и последующем рисунках штриховыми линиями обозначены лишние перемещения

Это условие должно выполняться и в том случае, если элементы 2 и 3 поменять местами.

Длина траектории телескопа при перемещении комбинированным методом составляет площадок, то есть является минимальной из всех возможных, а значит и время на ее прохождение минимально. Таким образом, задача (1) имеет решение (без применения каких-либо сложных вычислительных методов) при выполнении дополнительного условия (2).

### Оценка выигрыша во времени перемещения

Пусть зона имеет размерность площадок, а время перемещения между соседними площадками составляет  $\Delta t_0$ . В этом случае суммарное время обхода всех площадок зоны для предлагаемого комбинированного метода составит:

$$t_{\Sigma K} = 2km \cdot \Delta t_0 \quad (3)$$

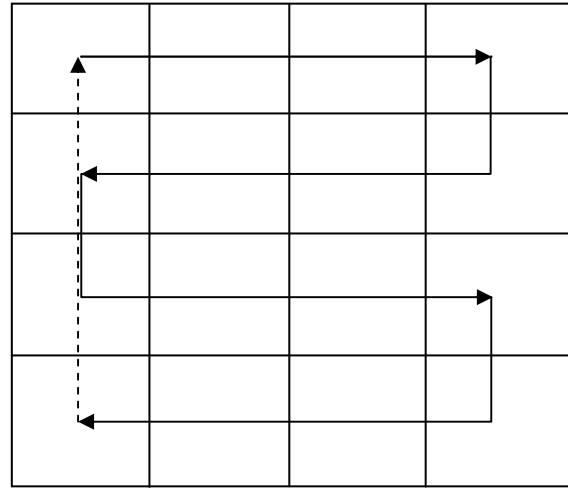


Рис. 2 – Метод «змейки»

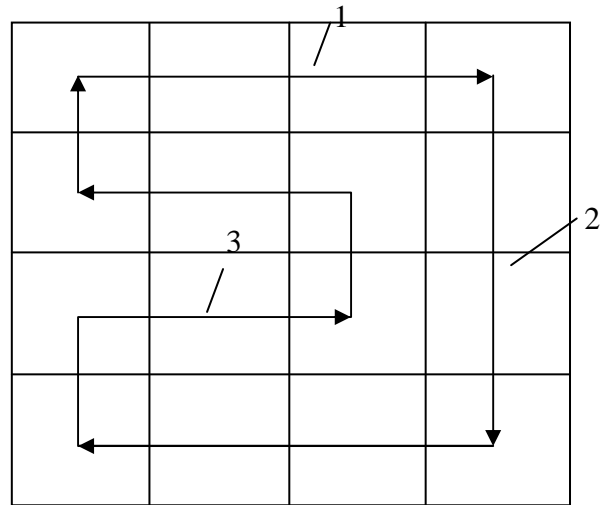


Рис. 3 – Комбинированный метод перемещения телескопа

Для метода «сканирования» («горизонтального» или «вертикального») эта величина составит:

$$t_{\Sigma Sc} = \begin{cases} (2km - 1) \cdot \Delta t_0 + (m - 1)(k - 1) \cdot \Delta t_0 + \\ + (m - 1) \cdot \Delta t_0, m > 2k; \\ (2km - 1) \cdot \Delta t_0 + (m - 1)(k - 1) \cdot \Delta t_0 + \\ + (2k - 1) \cdot \Delta t_0, m \leq 2k; \end{cases} = \begin{cases} 2km \cdot \Delta t_0 + (2k(m - 1) - 1) \cdot \Delta t_0, m > 2k; \\ 2km \cdot \Delta t_0 + (m(2k - 1) - 1) \cdot \Delta t_0, m \leq 2k. \end{cases} \quad (4)$$



Для метода «змейки» суммарное время обхода всех площадок, в зависимости от направления перемещения, составит:

$$t_{\Sigma Sn} = (2km - 1) \cdot \Delta t_0 + (2k - 1) \cdot \Delta t_0 = 2km \cdot \Delta t_0 + (2k - 2) \cdot \Delta t_0 \quad (5)$$

или

$$t_{\Sigma Sn} = (2km - 1) \cdot \Delta t_0 + (m - 1) \cdot \Delta t_0 = 2km \cdot \Delta t_0 + (m - 2) \cdot \Delta t_0. \quad (6)$$

Вторые слагаемые в выражениях (4) – (6) представляют собой проигрыш данных методов обхода площадок по сравнению с оптимальным. Как можно увидеть, данный проигрыш зависит как от времени перемещения между соседними площадками, так и от размеров (в площадках) зоны наблюдений и увеличивается при большем размере зоны и большем  $\Delta t_0$ .

### Оптимальные методы обхода площадок телескопом с прямоугольным полем зрения

В последнее время все чаще в астрономии начинают использоваться камеры, стороны светочувствительных площадок которых не равны между собой. Примерами таких матриц могут служить, например, матрицы SONY IMX174 разных модификаций (соотношение сторон примерно 8 к 5) [http://www.sony-semicon.co.jp/products\\_en/IS/sensor0/img/product/cm os/IMX174LQJ\\_LLJ\\_Flyer.pdf](http://www.sony-semicon.co.jp/products_en/IS/sensor0/img/product/cm os/IMX174LQJ_LLJ_Flyer.pdf)) или ON Semi KAI-16070 (соотношение сторон примерно 3 к 2, <http://www.onsemi.ru.com/pub/Collateral/KAI-16070-D.PDF>). Такой подход приводит к серьезным изменениям матрицы затрат. Вид такой матрицы для  $m = 3$ ,  $n = 4$  и соотношения сторон 3 к 2 представлен в табл. 2. При этом затраты на переход вдоль короткой стороны приняты за единицу.

Таблица 2

Матрица затрат для зоны с размерами  $m = 3$ ,  $n = 4$  при соотношении сторон светочувствительного элемента 3 к 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	#	1,5	3	1	1,5	3	2	2	3	3	3	3
2	1,5	#	1,5	1,5	1	1,5	2	2	2	3	3	3
3	3	1,5	#	3	1,5	2	3	2	2	3	3	3
4	1	1,5	3	#	1,5	3	1	1,5	3	2	2	3
5	1,5	1	1,5	1,5	#	1,5	1,5	1	1,5	2	2	2
6	3	1,5	2	3	1,5	#	3	1,5	1	3	2	2
7	2	2	3	1	1,5	3	#	1,5	3	1	1,5	3
8	2	2	2	1,5	1	1,5	1,5	#	1,5	1,5	1	1,5
9	3	2	2	3	1,5	1	3	1,5	#	3	1,5	1
10	3	3	3	2	2	3	1	1,5	3	#	1,5	3
11	3	3	3	2	2	2	1,5	1	1,5	1,5	#	1,5
12	3	3	3	3	2	2	3	1,5	1	3	1,5	#

Очевидно, что при ином соотношении сторон светочувствительного элемента, вид матрицы затрат также изменится. Понятно, что найти какой-то общий подход к оптимальной траектории для подобных случаев практически невозможно и лучше попробовать получить оптимальную траекторию путем решения задачи коммивояжера вышеописанными методами. Единственное общее соображение заключается в том, что необходимо минимизировать количество переходов телескопа вдоль «длинной» стороны.

### Выводы

В работе показано, что нахождение оптимальной траектории обхода площадок зоны (подзоны) обзорно-поисковых наблюдений МТСС возможно путем решения геометрической задачи коммивояжера.

При незначительных ограничениях на размеры зоны (подзоны) (условие (2)) и квадратной форме

светочувствительного элемента, имеется как минимум одна траектория обхода площадок зоны (подзоны) за минимально возможное время. Выигранное наблюдательное время можно использовать для обзора дополнительных площадок.

Наибольший выигрыш по времени будет при использовании такого метода перемещения на достаточно крупных телескопах с широкими полями зрения, на которых время перемещения между площадками сопоставимо или даже превосходит время экспозиции для получения одиночного кадра. Примерами таких телескопов, которые используются для обнаружения МТСС, могут служить Pan-STARRS (<http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/>) или PTF (<http://ptf.caltech.edu/iptf/index.php>, [http://ptf.caltech.edu/iptf/docs/A\\_search\\_for\\_main\\_belt\\_comets\\_in\\_the\\_Palomar\\_Transient\\_Factory\\_survey.pdf](http://ptf.caltech.edu/iptf/docs/A_search_for_main_belt_comets_in_the_Palomar_Transient_Factory_survey.pdf)).

**Список літератури**

1. Denny R. B. *Dispatch Scheduling of Automated Telescopes* / Robert B. Denny. // *The Society for Astronomical Sciences 23rd Annual Symposium on Telescope Science. Published by the Society for Astronomical Sciences.* – 2004. – P. 35–50.
2. Duncan A. R. *Observation scheduling for a network of small-aperture telescopes* / A. R. Duncan. // *Publications of the Astronomical Society of Australia.* – 2007. – Vol. 24. – Issue 2. – P. 53–60.
3. Kubánek P. *RTS2: a powerful robotic observatory manager* /P. Kubánek, M. Jelínek, S. Vítek et al. // *Advanced Software and Control for Astronomy. Proceedings of the SPIE.* – 2006. – V.6274. – id 62741V.
4. Steele I. A. *Control Software and Scheduling of the Liverpool Robotic Telescope* / I. A. Steele, D. Carter. // *Telescope Control Systems II. Proc. SPIE.* – 1997. – Vol. 3112. – P. 222–233.
5. Kubanek P. *RTS2 - Remote Telescope System, 2nd version* / P. Kubanek, M. Jelinek, M. Nekola u др. // *GAMMA-RAY BURSTS: 30 YEARS OF DISCOVERY: Gamma-Ray Burst Symposium. AIP Conference Proceedings.* – 2004. – Vol. 727. – P. 753–756.
6. Кормен Т. *Алгоритмы: построение и анализ, 3-е изд., пер с англ.* / Т. Кормен, Ч. Лейзенсон, Р. Ривест, К. Штайн. – Москва: ООО «И.Д. Вильямс», 2013. – 1328 с.
7. Ахо А. В. *Структуры данных и алгоритмы* / А. В. Ахо, Д.Е. Хопкрофт, Д. Д. Ульман. – Москва: ООО «И.Д. Вильямс», 2003. – 382 с.
8. Охорзин В. А. *Оптимизация экономических систем. Примеры и алгоритмы в среде Mathcad: Учеб. пособие.* / В. А. Охорзин. – Москва: Финансы и статистика, 2005. – 144 с.

**References:**

1. Denny R. B. *Dispatch Scheduling of Automated Telescopes* / Robert B. Denny. // *The Society for Astronomical Sciences 23rd Annual Symposium on Telescope Science. Published by the Society for Astronomical Sciences.* – 2004. – P. 35–50.
2. Duncan A. R. *Observation scheduling for a network of small-aperture telescopes* / A. R. Duncan. // *Publications of the Astronomical Society of Australia.* – 2007. – Vol. 24. – Issue 2. – P. 53–60.
3. Kubánek P. *RTS2: a powerful robotic observatory manager* /P. Kubánek, M. Jelínek, S. Vítek et al. // *Advanced Software and Control for Astronomy. Proceedings of the SPIE.* – 2006. – V.6274. – id 62741V.
4. Steele I. A. *Control Software and Scheduling of the Liverpool Robotic Telescope* / I. A. Steele, D. Carter. // *Telescope Control Systems II. Proc. SPIE.* – 1997. – Vol. 3112. – P. 222–233.
5. *RTS2 - Remote Telescope System, 2nd version* / [P. Kubanek, M. Jelinek, M. Nekola ma in.]. // *GAMMA-RAY BURSTS: 30 YEARS OF DISCOVERY: Gamma-Ray Burst Symposium. AIP Conference Proceedings.* – 2004. – Vol. 727. – P. 753–756.
6. Cormen T.H. *Introduction to Algorithms, 3-rd edition* / T. H. Cormen, C.E. Leiserson, L. R. Rivest, C. Stein. – Moscow: «Williams Publishing» Ltd, 2013. – 1328 p. [in Russian].
7. Aho A.V. *Data Structures and Algorithms* / A.V. Aho, J.E. Hopcroft, J.J. Ullman. – Moscow: «Williams Publishing» Ltd, 2003. – 382 p. [in Russian].
8. Ohorzin V. A. *Optimizatsiya ekonomicheskikh system. Primery i algoritmy v srede Mathcad: Uchebnoe posobie.* / V. A. Ohorzin. – Moscow: *Finansy i statistika*, 2005. – 144 p. [in Russian].

## ОПТИМАЛЬНИЙ АЛГОРИТМ РУХУ ТЕЛЕСКОПУ ПРИ ПОШУКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕННЯХ МАЛИХ ТІЛ СОНЯЧНОЇ СИСТЕМИ

Кожухов О.М.

Оглядово-пошукові спостереження малих тіл (астероїди, комети) Сонячної системи зазвичай проводяться шляхом послідовного проходження кількох майданчиків в межах обраної зони небесної сфери. Розміри майданчиків відповідають розмірам полів зору телескопів, що застосовуються для спостережень. У роботі запропоновано метод пошуку оптимальної траєкторії (послідовності) обходу майданчиків шляхом вирішення геометричної задачі комівояжера. Показано, що для випадку рівнобічних майданчиків може бути застосований без ітераційний метод визначення оптимальної траєкторії обходу. Отримані результати можуть використовуватись при плануванні оглядово-пошукових спостережень космічних об'єктів оптичними засобами.

**Ключові слова:** малі тіла Сонячної системи, оптичні спостереження, оглядово-пошукові спостереження, оптимізація оптичних спостережень

## OPTIMUM ALGORITHM FOR THE MOTION OF THE TELESCOPE IN THE SEARCH OBSERVATIONS OF SMALL BODIES OF THE SOLAR SYSTEM

Kozhukhov O.M.

Surveys of the Solar System's minor bodies (asteroids, comets) are usually carried out by successive passage of several areas within the boundaries of the chosen zone of the celestial sphere. The dimensions of the areas correspond to the dimensions of the field of view of telescopes used for observations. In this paper, we propose a method for finding the optimal trajectory (sequence) of traversal of areas by solving Euclidean traveling salesman problem. It is shown that for equilateral areas, a non-iteration method of finding the optimal traversal's trajectory can be used. The obtained results can be used in the planning of surveys of space objects by optical telescopes.

**Keywords:** minor bodies of the Solar System, optical observations, survey, optimization of optical observations:

УДК: 533.6.054

**Ларьков С. М.<sup>1</sup>, Пахольченко О. М.<sup>2</sup>, Сергієнко А. І.<sup>2</sup>, Добровольський Д. В.<sup>3</sup>**<sup>1</sup> Національний центр управління та випробувань космічних засобів, м.Київ<sup>2</sup> Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, м.Чернігів<sup>3</sup> ДП «Антонов», м.Київ

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАКА-НОСІЯ ШТАТНИМИ ЗАСОБАМИ ОБ'ЄКТИВНОГО КОНТРОЛЮ

Опрацьовано методику уточнення аеродинамічних характеристик літака-носія авіаційно-космічного ракетного комплексу шляхом моделювання параметрів динаміки польоту, співставлення з експериментальними даними, які отримуються штатними засобами об'єктивного контролю, та мінімізації функції похибки для вибраних параметрів.

**Ключові слова:** літак-носії, авіаційно-космічний ракетний комплекс, аеродинамічні дослідження

### Вступ

У зв'язку з розвитком нового тренду в побудові космічних систем у вигляді переходу до класу мікро-КА (з масою до 100 кг) та підходом до формування багатосупутникових орбітальних угруповань мікро-КА змінюються вимоги до засобів доставки КА малого класу на орбіту.

Передусім підвищуються вимоги до часу підготовки КА до пуску, гнучкості космічної системи до вибору параметрів орбіти, що робить розробку авіаційно-космічних комплексів надлегкого класу своєчасною, актуальною і перспективною [1].

Одною з важливих задач при розробці авіаційно-космічної системи є вирішення питань щодо безпечного десантування РН з борта літака-носія під дією витяжної парашутної системи. Визначення оптимальних технічних параметрів створюваної системи, а також розробка процедурного тренажеру для підготовки екіпажу потребує створення математичної моделі польоту літака-носія, для чого необхідно визначити аеродинамічні характеристики літака-носія в потрібному діапазоні чисел  $M$  польоту [2, 3].

Враховуючи на те, що для вибраного літака-носія на базі середнього ВТЛ Іл-76 аеродинамічні характеристики мають узагальнений та уривочний характер [4-6] а проведення повного циклу аеродинамічних випробувань в стислі строки та при умові обмеженого бюджету неможливо, актуальною є розробка методики ідентифікації аеродинамічних характеристик за рахунок використання штатних засобів реєстрації параметрів польоту.

Метою проведення дослідження стало

1. Опрацювання підходів до верифікації аеродинамічних характеристик з використанням реєстраційної апаратури з низькою роздільною здатністю та точністю;

2. Опрацювання підходів до використання датчиків, метрологічні характеристики яких не підтверджено калібруванням;

3. Оцінка АДХ літака Іл-76 з точністю, яка достатня для побудови математичної моделі для використання в процедурному тренажері.

### Побудова методики визначення АДХ

Створення процедурного тренажеру для відпрацювання процедури десантування РН потребує вирішення задачі побудови математичної моделі руху літака-носія з урахуванням взаємодії з об'єктом, що десантується, а ключова роль у побудові моделі руху літального апарату (ЛА) належить моделі взаємодії ЛА з повітряним потоком. Зазвичай використовують модель, яка описує силову взаємодію ЛА та потоку з допомогою безрозмірних аеродинамічних коефіцієнтів.

Методи визначення АДХ на ранніх етапах проектування, як правило, розрахунково-теоретичні з верифікацією в модельному експерименті. Подальше уточнення АДХ на дослідному зразку літака є важливою частиною льотно-конструкторських випробувань (ЛКВ).

Враховуючи на відсутність доступу до результатів ЛКВ вибраного літака-носія (розробник – авіаційний комплекс ім. С.В.Ілюшина) на ранніх етапах розробки доцільно використовувати серійні зразки літака для визначення характеристик в експлуатаційному діапазоні швидкостей та висот польоту.

Поставлена задача може бути характеризована наступними факторами:

1. Серійний літак не обладнано системою бортових вимірювань з необхідними параметрами роздільної здатності та точності;

2. Обмеженість ресурсів не дозволяє провести повний цикл визначення характеристик ЛА;

3. Невідомі або відомі з недостатньою точністю майже всі параметри, які характеризують політ ЛА, зокрема маса, кут атаки та ін.;

4. Діапазон режимів польоту, для якого потрібно визначити АДХ, звужений та знаходиться в експлуатаційному діапазоні;

За характеристикою змінності в часі доцільно розділити параметри на декілька груп, а саме:

1. Незмінні або такі, зміною яких протягом експерименту можна знехтувати (площа крила, політна вага для краткочасних експериментів);

2. Швидкозмінні протягом експерименту (кут атаки, відхилення рулів і т.ін.).

З іншого боку, параметри можуть бути класифіковані за можливістю їхнього вимірювання:

1. Параметри, які відомі з достатньою точністю (наприклад, площа крила, висота польоту і т.ін.);
2. Параметри, які вимірюються зі значною похибкою (наприклад кут атаки);
3. Параметри, які визначено виключно розрахунковим методом (наприклад координата центру мас, момент інерції і т.ін.).

Параметри, відомі з достатньою точністю, не потребують ідентифікації на результатах експерименту, інші параметри потребують уточнення.

Для параметрів, які можуть бути виміряні, повинно бути визначена функція похибки, яка характеризує похибку вимірювання в залежності від значень діючих факторів. Константи формули похибки повинні біти віднесено до групи 3. В рамках такого підходу АДХ доцільно визначати у вигляді похідних.

Можливо провести побудову алгоритму, який послідовно уточнює параметри по групам починаючи з найбільш непевних. Цей алгоритм виглядає наступним чином:

1. Вирішуються рівняння руху з відомими початковими та граничними умовами;
2. За допомогою оптимізаційної задачі послідовно встановлюється значення параметрів, починаючи з найбільш непевного;
3. Критерієм закінчення роботи алгоритму є коливання значень ідентифікованих параметрів в певному діапазоні значень.

В якості функції оптимізації використована сума середньоквадратичних відхилень (СКВ) надійних виміряних та розрахованих параметрів польоту.

### Результати тестового розрахунку

Для перевірки вищевказаної методики було проведено ідентифікацію моменту інерції літака Іл-76 за даними [6].

Система рівнянь виглядає наступним чином:

$$\begin{cases} n_y = \frac{c_y q S}{M} \\ \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{m_z^\alpha \alpha + m_z^\delta \delta + m_z^{\omega_z} \omega_z L / V}{I_{zz}} q S L \\ \omega_z = \frac{d\theta}{dt} + \frac{d\alpha}{dt} \end{cases} \quad (1)$$

- де  $M$  - політна маса;  
 $\alpha, \delta, \theta$  - кути атаки, відхилення руля та тангажу;  
 $q$  - швидкістний напор;  
 $S, L$  - характерні розміри;

$V$  - швидкість польоту;  
 $I_{zz}$  - момент інерції.

Типовий вид граничних умов та отриманих вихідних даних моделі наведено на рис.1-3.

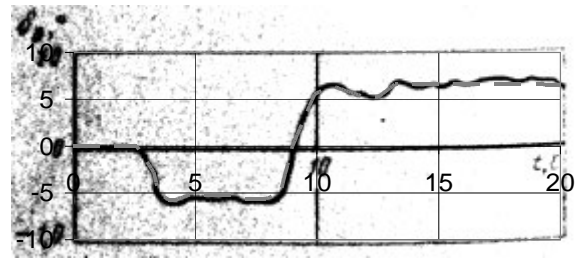


Рис. 1 – Граничні умови (кут відхилення руля висоти)

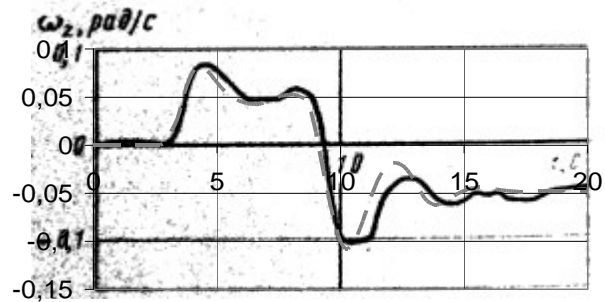


Рис. 2 – Кутова швидкість

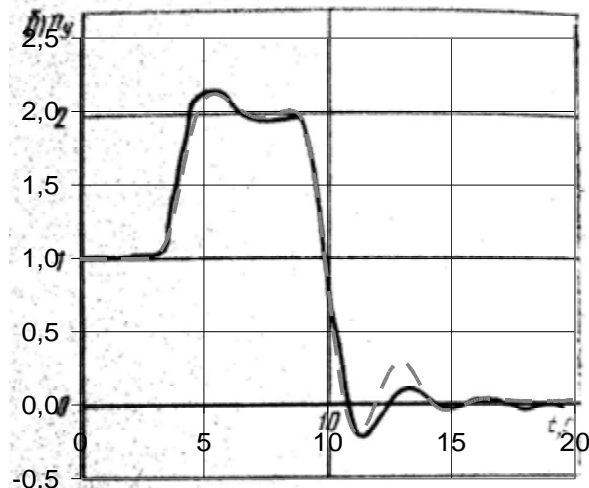


Рис. 3 – Перевантаження

Отримане значення моменту інерції  $I_{zz}=1.1 \cdot 10^7$  кг\*м<sup>2</sup> може бути співвіднесено з даними [7]  $I_{zz}=9.2 \cdot 10^6$ . Розбіжність 20% не можна вважати оцінкою похибки визначення інерційних характеристик, адже в неї входить момент інерції пального в баках (для вказаних умов 44,5 т.).

Таким чином, результати тестового розрахунку довели роботоспроможність методу. Доцільно зауважити, що мінімізація похибки забезпечено при умові підвищення похідної  $dm_z/d\delta$  до 30%, таким чином додатково проведено ідентифікацію ще одного параметру

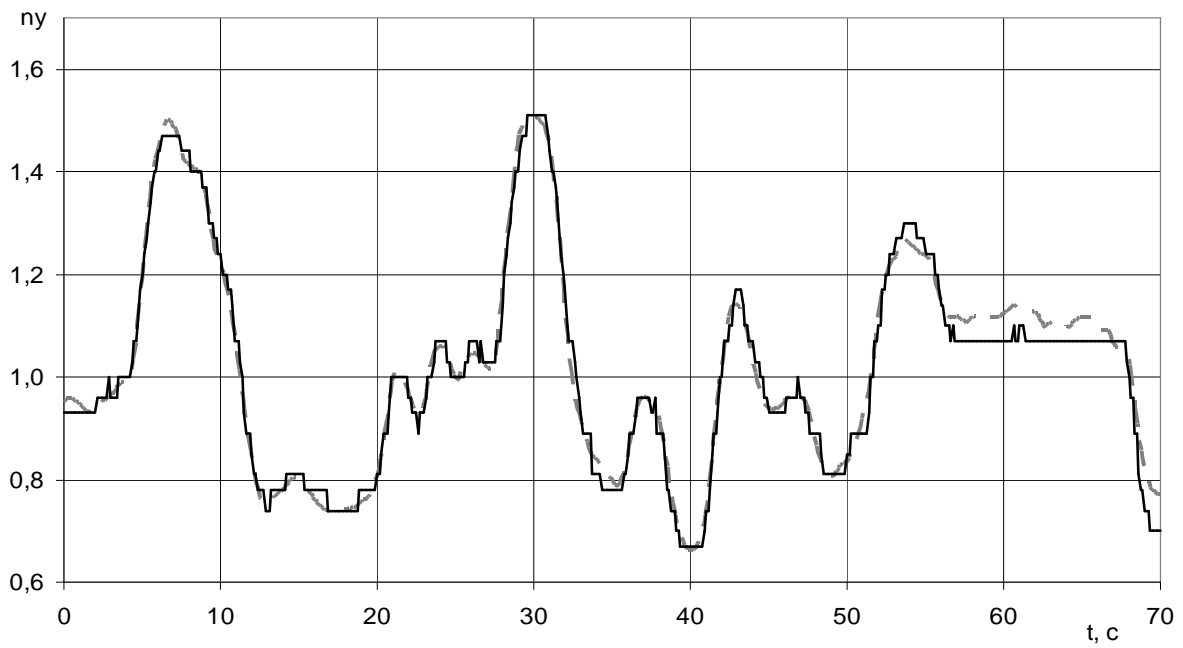


Рис. 4 – Перевантаження

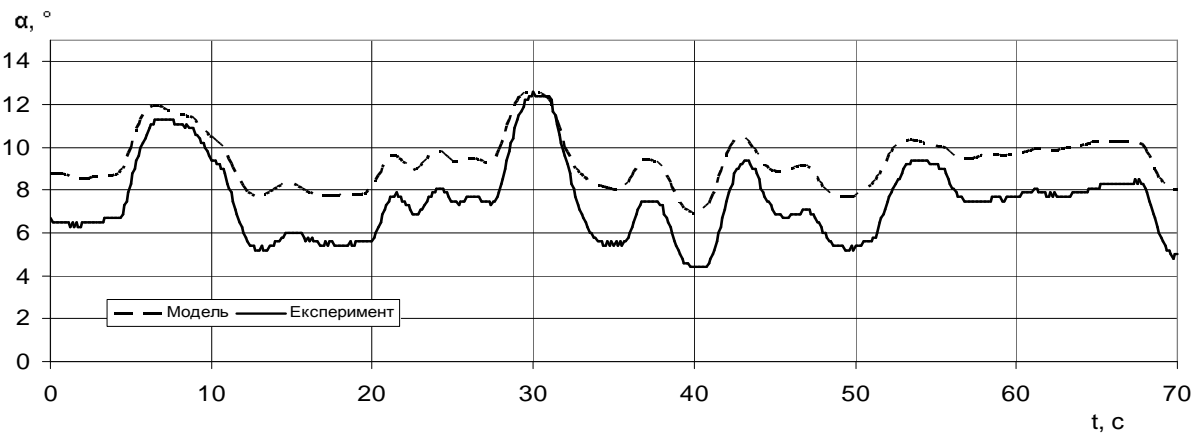


Рис. 5 – Кут атаки

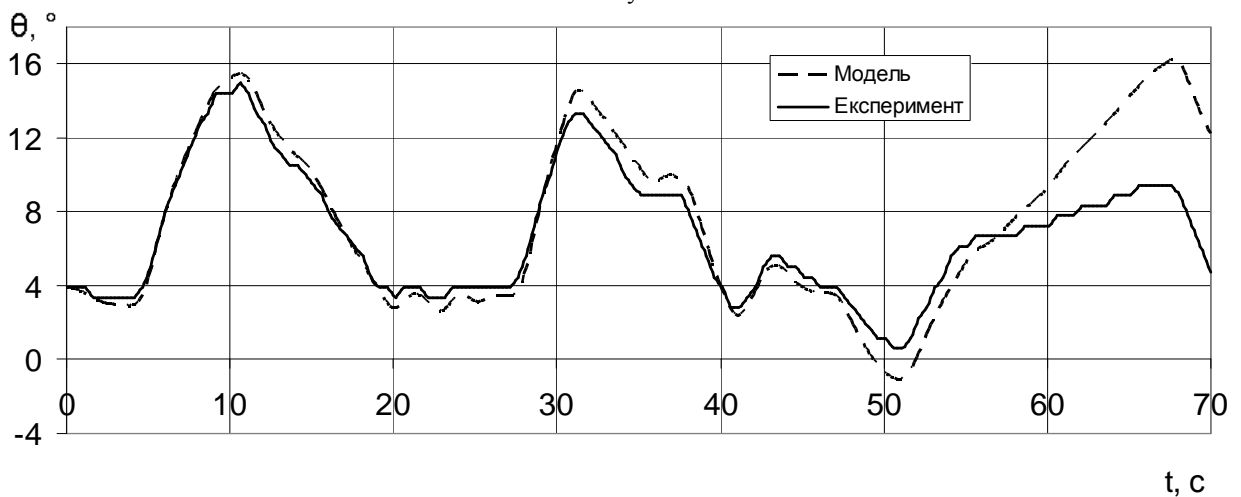


Рис. 6 – Кут тангажу

### Ідентифікація АДХ літака Іл-76

Для ідентифікації АДХ були використані записи польотів з використанням штатних засобів автоматичної реєстрації польотних параметрів та програмного забезпечення обробки інформації.

Система рівнянь динаміки польоту – плоска модель з 3-ма ступенями свободи. Результати ідентифікації представлені на Рис. 4–8.

В якості цільової функції було використано сума середньоквадратичних відхилень по перевантаженню та куту тангажу. Одночасно була проведена ідентифікація польотної маси та центровки за принципом мінімуму СКВ (Рис.6 та Рис.7).

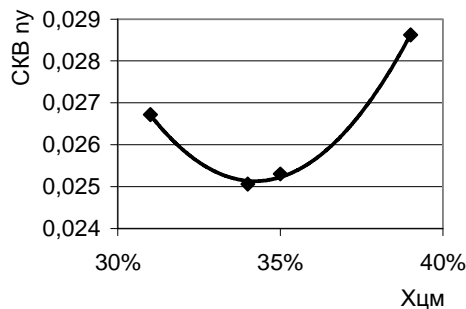


Рис. 7 – Ідентифікація центровки

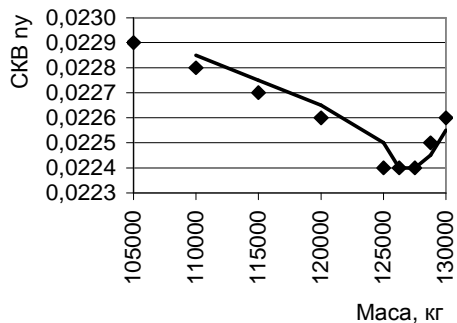


Рис. 8 – Ідентифікація політної маси

Як видно на рис. 4, найбільш точно відтворюється нормальне перевантаження. Кут атаки має значні похибки, що може бути пояснено особливостями установки датчику кута атаки на літаку (на боковий поверхні фюзеляжу) та відсутністю вимог щодо його калібровки протягом експлуатації.

Зростаюча похибка куту тангажу та похибка нормального перевантаження після  $t=55$  с може бути пояснена зовнішнім впливом. За результатами додаткових розрахунків така похибка може бути пояснена вертикальним поривом вітру з швидкістю близько 1 м/с або зустрічним поривом зі швидкістю 4 м/с.

### Висновки

Проведене дослідження дозволяє зробити наступні висновки:

1. Розроблена методика дозволяє забезпечити визначення невідомих параметрів польоту ЛА за рахунок використання надлишкового обсягу інформації;

2. За рахунок надлишковості обсягу інформації, який реєструється штатними засобами реєстрації, забезпечується зменшення похибки визначення ключових параметрів ЛА та його аеродинамічних характеристик;

3. Наступним кроком повинно стати алгоритмізація методики та створення програмного забезпечення, яке реалізує метод.

Проведена робота може отримати продовження у наступних напрямках:

1. Створення процедурного тренажера літака-носія АКРК на базі Іл-76;

2. Створення «спостерігача» параметрів польоту літака в реальному масштабі часу з метою виявлення відмови критично важливих датчиків польотної інформації.

### Список літератури

1. Air Launch: Examining Performance Potential of Various Configurations and Growth Options. Eric D. Walters, Dennis M.Creech, Alan D.Philips. AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition , September 10-12, 2013. San-Diego, California, USA.
2. Таликов Н.Д. ИЛ-76: ДЕСАНТИРОВАНИЕ ЛИЧНОГО СОСТАВА, ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И ГРУЗОВ //ТЕХНИКА И ОРУЖИЕ № 11, 2009 г., стр. 33-36.
3. Технический отчет «Материалы к эскизному проекту по самолету-носителю для АКРК «Ориль» в части транспортно-пусковой платформы ракеты-носителя «Ориль». –Киев, АНТХРЦ «Авиадиагностика», 1996 г. -39 с.
4. Самолет Ил-76Т. Руководство по летной эксплуатации. Книга первая. –М., МГА СССР, 1984 г.
5. БЕХТИР П. Т., БЕХТИР В.П. ПРАКТИЧЕСКАЯ АЭРОДИНАМИКА САМОЛЕТА Ил-76Т. –М.: «Машиностроение», 1979 г.
6. Васин И.С., Егоров В.И., Муравьев Г.Г. Аэродинамика самолета Ил-76Т /Под. ред. Г.В.Новожилова. –М.: Транспорт, 1983. -165 с.
7. Верещиков Д.В. Салтыков С.Н. Самолет Ил-76. Аэродинамика и динамика полета. –Иркутск, ИВАИИ, 2002.

### References:

1. Air Launch: Examining Performance Potential of Various Configurations and Growth Options. Eric D. Walters, Dennis M.Creech, Alan D.Philips. AIAA SPACE 2013 Conference and Exposition , September 10-12, 2013. San-Diego, California, USA.
2. Talikov N.D. IL-76: DESANTS OF PERSONAL COMPOSITION, MILITARY EQUIPMENT AND CARGOES // ENGINEERING AND ARMAMENT № 11, 2009, pp. 33-36.
3. Technical report "Materials to the draft design for a carrier aircraft for the AKRK "Oril" in the part of the transport-launch platform of the rocket carrier" Oril ". -Kiev, ANTKRTs "Aviadiagnostika", 1996 -39 p.

4. *The Il-76T aircraft. Flight Manual. The first book. -M., MGA USSR, 1984.*
5. *BEKHTIR P. T., BEKHTIR V.P. PRACTICAL AERODYNAMICS OF AIRCRAFT IL-76T. -M.: "Mechanical Engineering", 1979.*
6. *Vasin IS, Egorov VI, Muraviev G.G. Aerodynamics of the IL-76T / Pod. Ed. G.V. Novozhilov. -M.: Transport, 1983. -165 p.*
7. *Vereshchikov DV Saltykov S.N. Aircraft IL-76. Aerodynamics and flight dynamics. -Irkutsk, IVAI, 2002.*

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОЛЕТА-НОСИТЕЛЯ ШТАТНЫМИ СРЕДСТВАМИ ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ**

Ларьков С.Н., Пахольченко А.Н., Сергиенко А.И. Добровольский Д.В.

Проработана методика уточнения аэродинамических характеристик самолета-носителя авиационно-космического ракетного комплекса путем моделирования параметров динамики полета, сопоставления с экспериментальными данными, полученными с помощью штатных средств объективного контроля и минимизации функции ошибки для выбранных параметров.

**Ключові слова:** самолет-носитель, авиационно-космический ракетный комплекс, аэродинамические исследования

## **IDENTIFICATION OF THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE CARRIER AIRCRAFT BY OBJECTIVE CONTROLS**

Serhii Larkov, Alexandr Pakholchenko, Andrii Sergienko, Dmitry Dobrovolsky

The methodology of refinement of the aerodynamic characteristics of the carrier aircraft of the aerospace missile complex by simulating the parameters of flight dynamics is compared with experimental data obtained with the help of staff means of objective control and minimization of the error function for the selected parameters.

**Keywords:** aircraft carrier, aerospace missile system, aerodynamic research

## НАЗЕМНІ СИСТЕМИ, ЛІТАЛЬНІ АПАРАТИ ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНІ-КОМПЛЕКСИ

УДК 629.7.072.8

**Машков О. А, Мамчур Ю. В.**

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління,  
м. Київ, Україна

### АНАЛІТИЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ НА ТРЕНАЖЕРІ ДИСТАНЦІЙНО ПІЛОТОВАНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ З АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВІ ВИРІШЕННЯ ЗВОРОТНИХ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ

У статті розглядаються питання алгоритмічного забезпечення тренажера дистанційно пілотованого літального апарату при реалізації директорного керування. Пропонується організувати керування на основі методу зворотної задачі динаміки. Робиться висновок, що в тому випадку, якщо при виконанні польоту не потрібна висока точність, а стоїть задача мінімізації часу стабілізації об'єкта керування на оперативньо-програмованій траєкторії потрібен алгоритмічний підхід до синтезу керування (без урахування детальних рівнянь керованого процесу). У розвитку концепцій алгоритмічного підходу – зворотних задач динаміки для інформаційно-керуючого комплексу тренажера (імітатор динаміки польоту) отримано аналітичний вираз часу перехідних процесів як для випадку відсутності збурень, так й при впливі зовнішніх факторів.

**Ключові слова:** зворотня задача динаміки, алгоритм керування, динамічний об'єкт, дистанційно пілотований літальний апарат, час перехідного процесу.

**Вступ.** Останнім часом велика увага надається застосуванню дистанційно пілотованих літальних апаратів для вирішення завдань екологічного моніторингу навколишнього природного середовища та техногенне небезпечних об'єктів. При цьому питання підготовки операторів для керування такими апаратами не отримали науково-практичного обґрунтування. Тренажери для підготовки операторів дистанційно пілотованих апаратів не враховують специфіку завдань екологічного моніторингу. Пропонується здійснювати відпрацювання завдань на тренажері за допомогою директорного керування з алгоритмом на основі зворотних задач динаміки.

**Мета роботи.** Метою роботи є отримання оцінки якості дій оператора тренажера дистанційно пілотованого літального апарату при відпрацюванні директорного керування в умовах впливу завад та збурень.

**Оцінка якості процесу керування з алгоритмом на основі вирішення зворотних задач динаміки.**

Оцінимо стійкість і максимальний час перехідного процесу в автоматичній системі при нештатних ситуаціях з алгоритмом керування на основі вирішення зворотних задач динаміки [1-3].

Розглянемо клас керованих динамічних систем, що описуються наступним матричним диференціальним рівнянням

$$\dot{X}(t) = F[X(t), U(t), \Xi] + P(t). \quad (1)$$

Вважаємо, що програмний рух є асимптотично стійким. Нехай даний клас керованих динамічних систем задовольняє таким умовам.

1. Рівняння (1) вирішуване щодо керування на підпросторі  $R$ , тобто існує підпростір  $R \in R^m \times R^n$  і єдина функція  $U : R \times \Xi \rightarrow R^m$  такі, що для будь-якої пари точок  $\{X, Z\} \in R$  і точки  $\{\xi\} \in \Xi$  виконана тотожність

$$Z \equiv F[X, U(x, z, \xi), \xi]. \quad (2)$$

Умову (2) гарантує існування і єдиність ідеального програмного закону керування вигляду  $U_n = U_n(X_n, \dot{X}_n, \Xi)$ , що забезпечує точне здійснення програмного руху за умови  $X_n(t_0) = X_0; P(t) = 0; (X_n(t), \dot{X}_n(t)) \in R \forall t \in [t_0, t_T]$ .

2. Початкові збурення і постійно діючі зовнішні збурення обумовлені обмеженнями вигляду

$$\|X(t_0) - X_n(t_0)\| < \delta_0;$$

$$\|P(t)\| < C_p,$$

де  $\delta_0, C_p$  – деякі позитивні параметри.

3. Є така Гурвіцева матриця  $\Gamma$  з простими власними числами  $\gamma_i, i = \overline{1, n}$  – коренями характеристичного рівняння системи

$$\dot{X} = \Gamma X, \quad X(t_0) = X_0,$$

Покажемо, що закон керування  $U_n = U_n(X_n, \dot{X}_n, \Xi), t \in [t, \infty]$ , забезпечує асимптотичну стійкість програмного руху  $X_n(t)$  в цілому, тобто будь-який збурений рух



$X(t)$  при будь-яких  $X(t_0) \in R$  асимптотично зближується з  $X_n(t)$ .

Слід зазначити, що відповідно до [4-5] програмний рух є асимптотично стійким в цілому якщо він асимптотично стійкий при початкових даних, які б великі вони не були.

$$F[X(t), U(t), \Xi] = \dot{X} = \dot{X}_n(t) + \Gamma(X - X_n(t)) \quad (3)$$

звідки безпосередньо слідує

$$\dot{X} - \dot{X}_n(t) = \Gamma(X - X_0). \quad (4)$$

При цьому слід враховувати, що за допомогою відповідного вибору матриці  $\Gamma$  можна забезпечити будь-який запропонований характер загасання перехідного процесу в процесі керування. Насправді, якщо всі корені характеристичного рівняння системи (4) мають негативні дійсні частини, тобто  $\text{Re } \gamma_i < 0$ ,  $i = 1, n$ , то тривіальне рішення системи нестійке. Якщо є хочби один корінь з нульовою дійсною частиною, але немає коренів з позитивною дійсною частиною, то може мати місце як стійкість по Ляпунову (але не асимптотична) так і нестійкість.

Оскільки матриця  $\Gamma$  вибрана з простими власними числами, то існують позитивні числа  $C$  і  $\gamma$  такі, що  $\text{Re } \gamma_i < -\gamma$ ,

$$\|X(t) - X_n(t)\| < C \|X(t_0) - X_n(t_0)\| e^{-\gamma(t-t_0)}, \quad \forall t > t_0. \quad (5)$$

Звідки безпосередньо слідує асимптотична стійкість програмного руху в цілому.

Дано оцінку максимального часу перехідного процесу

**Випадок 1.** Зовнішні впливи відсутні  $\pi(t) = 0$ .

Нехай потрібно синтезувати закон керування, що гарантує для будь-яких  $\xi \in \Xi$ ,  $\pi(t) \in Q_\pi$ ,  $\mathcal{E}$  – близькість реального і програмного рухів, починаючи з деякого кінцевого моменту часу  $t_n > t_0$ , тобто

$$\|X(t) - X_n(t)\| < \varepsilon \quad \forall t \geq t_n. \quad (6)$$

Вираз (6) з урахуванням виразу (5) може бути представлений у вигляді

$$C \|X(t_0) - X_n(t_0)\| e^{-\gamma(t_n-t_0)} \leq \varepsilon, \quad (7)$$

звідки слідує

$$\gamma(t_n - t_0) \leq \ln \frac{C}{\varepsilon} \|X(t_0) - X_n(t_0)\|. \quad (8)$$

Позначимо  $T_n = t_n - t_0$  – час перехідного процесу в системі.

Час перехідного процесу  $T_n$  може бути оцінено за допомогою виразу (8)

$$T_n \leq \gamma^{-1} \ln \frac{C \|X(t_0) - X_n(t_0)\|}{\varepsilon}. \quad (9)$$

**Випадок 2.** Мають місце зовнішні збурення  $\pi(t) \neq 0$ .

Нехай об'єкт керування описується рівнянням

$$\dot{X}(t) = F[X(t), U(t), \xi] + \pi(t),$$

$$X(t_0) = X_0, \quad t \in [t_0, t_n].$$

Крім того

$$X \in Q_X, \quad \dot{X}_n(t) + \Gamma(X - X_n) \in Q_X.$$

Рівняння замкнутої системи має вигляд

$$\dot{X}(t) - \dot{X}_n(t) = \Gamma[X(t) - X_n(t)] + \pi(t).$$

Припустимо, що  $X_n(t)$  і  $\dot{X}_n(t)$  лежать на множинах  $Q_X$  і  $Q_{\dot{X}}$  із запасами відповідно  $\delta_1$  і  $\delta_2$ , (рис. 1), причому

$$\delta_1 > C \|X_0 - X_n(t_0)\|, \quad \delta_2 > C \|X_0 - X_n(t_0)\| \cdot \|\Gamma\| \quad (10)$$

або з урахуванням  $\|\Gamma\| \neq 0$

$$\delta_1 - C \|X_0 - X_n(t_0)\| > 0, \quad (11)$$

$$\delta_2 \|\Gamma\|^{-1} - C \|X_0 - X_n(t_0)\| > 0. \quad (12)$$

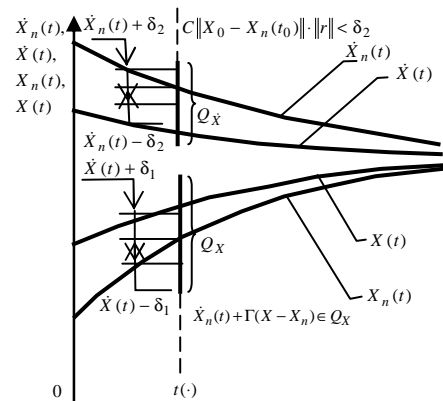


Рис. 1

Введемо позначення

$$X = \min[\delta_1 - C \|X_0 - X_n(t_0)\|, \delta_2 \|\Gamma\|^{-1} - C \|X_0 - X_n(t_0)\|], \quad (13)$$

$$C \gamma^{-1} C_\pi < \min(x, \varepsilon), \quad (14)$$

$$\varepsilon > \|X(t) - X_n(t)\|. \quad (15)$$

З урахуванням прийнятих позначень може бути отримана така умова

$$\|X(t) - X_n(t)\| \leq e^{\gamma(t-t_0)} \cdot \|X_0 - X_n(t_0)\| + C \gamma^{-1} C_\pi. \quad (16)$$

Звідки з урахуванням (15) слідує

$$C \|X_0 - X_n(t_0)\| e^{-\gamma(t-t_0)} + C \gamma^{-1} C_\pi < \varepsilon.$$

Вирішуючи отриману нерівність відносно  $t = t_n$  знаходимо

$$\varepsilon - C\gamma^{-1}C_{\pi} > C\|X_0 - X_n(t_0)\|e^{-\gamma(t_n - t_0)}.$$

$$t_n \leq t_0 + \gamma^{-1} \ln \frac{C\|X_0 - X_n(t_0)\|}{\varepsilon - C\gamma^{-1}C_{\pi}}. \quad (17)$$

Час перехідного процесу

$$T_n \leq \gamma^{-1} \ln \frac{C\|X_0 - X_n(t_0)\|}{\varepsilon - C\gamma^{-1}C_{\pi}}. \quad (18)$$

Порівнюючи вираз (18) з виразом (9) можна визначити збільшення часу перехідного процесу за наявності зовнішніх збурень

$$T_n(C_{\pi} \neq 0) = T_n(C_{\pi} = 0) + \gamma^{-1} \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon - C\gamma^{-1}C_{\pi}}. \quad (19)$$

Так, при великих збуреннях (збільшення  $C_{\pi}$ ) значно зростає час перехідного процесу. Для зменшення часу перехідного процесу в

системі необхідно збільшувати  $\gamma$  шляхом відповідного вибору керування.

**Висновки.** Керування дистанційно пілотованим літальним апаратом на тренажері доцільно організовувати за допомогою директорного керування на основі методу зворотної задачі динаміки. В тому випадку, якщо при виконанні польоту не потрібна висока точність, а стоїть задача мінімізації часу стабілізації об'єкта керування на оперативно-програмованій траєкторії потрібен алгоритмічний підхід до синтезу керування (без урахування детальних рівнянь керованого процесу). У розвитку концепцій алгоритмічного підходу – зворотних задач динаміки для інформаційно-керуючого комплексу (імітатор динаміки польоту) тренажера отримано аналітичний вираз часу перехідних процесів як для випадку відсутності збурень, так й при впливі зовнішніх факторів.

### Список літератури:

1. Петров Б.Н., Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Линейные модели. М., Техническая кибернетика, №4, 1980, с. 147-156.
2. Петров Б.Н., Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Нелинейные модели. М., Техническая кибернетика, №5, 1980, с. 149-167.
3. Петров Б.Н., Крутько П.Д. Конструирование алгоритмов управления полетом на основе решения обратных задачи динамики. Продольное движение. М., Техническая кибернетика, №2, 1981, с. 162-170.
4. Машков О.А. Некоторые особенности синтеза системы автоматического управления полетом летательного аппарата на основе решения обратной задачи динамики / Отдельный тематический научно-технический сборник. К.:КВВАИУ, 1985, С. 49-51.
5. Галиуллин А.С. Методы решения обратных задач динамики. М.: Наука, 1986, 224 с.
6. Машков О.А. Особенности применения метода обратных задач динамики для многомерных систем автоматического управления / Научно- методический сборник, Вып.1. Оборудование летательных аппаратов.- К.: КВВАИУ, 1987, С. 47-49.
7. Машков О.А. Синтез многомерных автоматических систем на основе решения обратных задач динамики. Киев.: КВВАИУ, 1989, 76 с.
8. Артюшин Л.М., Машков О.А., Дурняк Б.В., Сивов М.С. Теория автоматического керування. Львів, Вид. УАД, 2004.- 272.

### References:

1. Petrov BN, Krut'ko PD Inverse problems of the dynamics of controllable systems. Linear models. M., Technical Cybernetics, No. 4, 1980, p. 147-156.
2. Petrov BN, Krut'ko PD Inverse problems of the dynamics of controllable systems. Nonlinear models. M., Technical Cybernetics, No. 5, 1980, p. 149-167.
3. Petrov BN, Krutko PD Designing flight control algorithms based on the solution of inverse dynamic problems. Longitudinal motion. M., Technical Cybernetics, No. 2, 1981, p. 162-170.
4. O. Mashkov. Some features of the synthesis of the automatic flight control system of an aircraft on the basis of solving the inverse problem of dynamics / A separate thematic scientific and technical collection. K.: KVVAIU, 1985, pp. 49-51.
5. Galiullin A.S. Methods for solving inverse problems of dynamics. Moscow: Nauka, 1986, 224 p.
6. Mashkov OA Peculiarities of the application of the method of inverse problems of dynamics for multidimensional automatic control systems / Scientific and methodological collection, Issue 1. The equipment of flying machines. - K.: KVVAIU, 1987, S. 47-49.
7. O. Mashkov. Synthesis of multidimensional automatic systems based on the solution of inverse problems of dynamics. Kiev: KVVAIU, 1989, 76 p.
8. Artjushin LM, Mashkov OA, Durniak BV, Sivov MS Theory of automatic keruvannya. Lviv, View. UAP, 2004.- 272.

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ НА ТРЕНАЖЕРАХ ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С АЛГОРИТМОМ НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДИНАМИКИ

О.А. Машков, Ю.В. Мамчур

В статье рассматриваются вопросы алгоритмического обеспечения тренажера дистанционно пилотируемого летательного аппарата при реализации директорного управления. Предлагается организовывать управление на основе метода обратной задачи динамики. Делается вывод, что в случае, если при выполнении полета не требуется высокая точность, а стоит задача минимизации времени стабилизации объекта управления на оперативно-программируемой траектории целесообразен алгоритмический подход к синтезу управления (без учета детальных уравнений управляемого процесса). В развитии концепций алгоритмического подхода - обратных задач динамики для информационно-управляющего комплекса тренажера (имитатор динамики полета) получено аналитическое выражение времени переходных процессов как для случая отсутствия возмущений, так и при воздействии внешних факторов.

**Ключевые слова:** обратная задача динамики, алгоритм управления, динамический объект, дистанционно пилотируемый летательный аппарат, время переходного процесса.

## ANALYTICAL ESTIMATION OF THE QUALITY OF THE CONTROL PROCESS ON THE SIMULATORS OF A REMOTE PILOT AIRPLANE WITH ALGORITHM BASED ON THE SOLUTION OF THE REVERSE DYNAMICS PROBLEMS

OA Mashkov, Yu.V. Mamchur

The article deals with the algorithmic support of the simulator of a remotely piloted aircraft during the implementation of the directorate. It is proposed to organize management on the basis of the inverse dynamic problem method. It is concluded that in the case when the flight does not require high accuracy, but the task of minimizing the stabilization time of the control object on the operatively programmed trajectory, an algorithmic approach to the synthesis of control is expedient (without taking into account the detailed equations of the controlled process). In the development of the concepts of the algorithmic approach - inverse dynamics problems for the information and control complex of the simulator (flight simulator), an analytical expression of the transient time is obtained both for the case of absence of perturbations and for the action of external factors.

**Key words:** inverse dynamic problem, control algorithm, dynamic object, remotely piloted aircraft, transient time.

УДК 629.7.072.8

**Кавац В. В., Капустін Є. І., Литвинова Н. О., Литвишко Т. М.**

"Дніпрокосмос" філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, м. Дніпро, Україна

**РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ "ІМІТАТОР НАЗЕМНОЇ СТАЦІЇ (НС) СКТРЛ"**

Об'єкт досліджень – програмний комплекс, який забезпечує імітацію роботи НС СКТРЛ (суміщена командно-телеметрична радіолінія), тобто забезпечує формування і видачу в сокет TCP/IP-потоків даних у структурі, відповідній структурі даних при обміні між НС СКТРЛ і ЦУП в реальному масштабі часу.

Мета роботи - розроблення програмного комплексу (ПК) "Імітатор для забезпечення відпрацювання інформаційної взаємодії між НС СКТРЛ і підсистемою інформаційного супроводу операцій управління (Підсистема Інформаційного Супроводження) ЦУП КА.

Для обміну даними між НС СКТРЛ і ЦУП в реальному масштабі використовуються програмні сокети TCP/IP. Після встановлення з'єднань, утворюється два симетричних TCP-каналу, через які виконується односпрямована (для кожної сторони в протилежному напрямку) передача основного потоку даних. Інформаційну взаємодію між НС СКТРЛ і ЦУП КА забезпечує Підсистема Інформаційного Супроводження. Розроблений ПК "Імітатор НС" забезпечить формування і видачу в сокет TCP/IP- потоків даних у структурі, відповідній структурі даних при обміні між НС СКТРЛ і ЦУП в реальному масштабі часу, що необхідно для розроблення та налагодження СПЗ цієї підсистеми.

**Ключові слова:** сокет, космічний апарат, командно-програмна інформація, наземна станція, спеціальне програмне забезпечення, центр управління польотом.

**Вступ**

Спеціальне програмне забезпечення (СПЗ) підсистема інформаційного супроводу ЦУП КА забезпечує проведення сеансу зв'язку з НС СКТРЛ в процесі передачі командно-програмної інформації на борт супутника і прийому інформації сеансу зв'язку від НС СКТРЛ.

Програмні компоненти, що реалізують функцію проведення сеансу зв'язку з НС СКТРЛ, забезпечують розкомпоновку та ідентифікацію потоку оперативних даних сеансу зв'язку для формування репортажу проведення сеансу зв'язку з виділенням відповідних квитанцій.

Для доопрацювання і тестування СПО підсистеми інформаційного супроводу операцій управління КА типу "Січ-2" необхідно забезпечити надходження через сокети TCP / IP даних (послідовності байтів) у структурі повідомлень, які передає НС СКТРЛ в ЦУП в сеансі зв'язку [2].

**1. Технологія обміну даними**

НС СКТРЛ в темпі прийому інформації каналу "борт-Земля" забезпечує перетворення прийнятої інформації і її видачу в ЦУП за конкретними IP-адресами.

Обмін даними між НС СКТРЛ та ЦУП РМЧ (реальному масштабі часу) здійснюється за допомогою апарату сокетів ("гнізд") TCP / IP. При цьому взаємодія здійснюється на рівні прикладних програм, що виконують прийом (програма-сервер) і передачу (програма-клієнт) даних через сокети TCP / IP.

Обмін даними через сокети здійснюється з використанням протоколу TCP (з встановленням з'єднання і гарантованою доставкою даних).

Для прийому оперативних даних кожна сторона, що обмінюються, організовує серверну частину з'єднання - додаток (програму), яке при визначенні свого сокета приєднує (операція bind) заздалегідь відомий протилежній стороні номер

порту і очікує вхідних запитів на з'єднання (операції listen і accept). Відповідно, для передачі оперативних даних, кожна з сторін, що обмінюються, організовує клієнтську частину з'єднання - додаток (програму), яке при визначенні свого сокета задає заздалегідь узгоджений IP-адресу протилежної сторони і відповідний номер порту і запитує з'єднання у відповідній (віддаленій) серверній частині програми (операція connect). Таким чином, після успішного встановлення з'єднань, утворюється два симетричних TCP-каналу, через які виконується односпрямована (для кожної сторони в протилежному напрямку) передача основного потоку даних.

Оскільки TCP-протокол не надає вбудованих можливостей по розмежуванню даних в безперервному потоці інформації (TCP протокол передбачає передачу безперервного потоку байт), пропонується дейтаграми, які передаються, оформляти відповідно до протоколу SLIP. Відповідно цього протоколу, дейтаграма надсилається через послідовну лінію як деяка послідовність байтів. При цьому в якості міток, що дозволяють згрупувати цю послідовність в дейтаграм-му, використовуються спеціальні символи. [3]

**2. Вихідні дані сеансу зв'язку**

Склад вихідних даних сеансу зв'язку

Для проведення сеансу зв'язку з КА з ЦУП в НС СКТРЛ повинні надходити наступні файли даних:

- програма сеансу зв'язку (ПСЗ) – файл gknvvvvv.xxx;
- список програмних команд (СПК) - файл rknvvvvv.xxx;
- список масивів інформації (СМІ)- файл minvvvvv.xxx

Примітка: vvvvv - номер вітка (незначущі нулі відображаються) для відповідного сеансу з зв'язку, xxx - умовний номер КА, n - ідентифікатор НС

СКТРЛ (2).

Програма сеансу зв'язку: файл ПСЗ містить всю інформацію, необхідну для управління процесом передачі і прийому інформації НС СКТРЛ 1в сеансі зв'язку з КА, і являє собою набір текстових рядків. [3]

### 3. Оперативні дані сеансу зв'язку

Склад оперативних даних сеансу зв'язку

У сеансі зв'язку вся інформація передається в реальному масштабі часу по мірі її формування. У сеансі зв'язку НС СКТРЛ передає в ЦУП наступні види інформації:

- інформацію, що отримується з борту КА;
- результати відпрацювання ПСЗ;
- службову інформацію.

У сеансі зв'язку СКТРЛ приймає з борту КА і передає в ЦУП:

- квитанції на проходження РК на борт КА;
  - звіти про доставку ПК, МІ на борт КА.
- До складу службової інформації входять:
- повідомлення про готовність НС СКТРЛ до проведення сеансу зв'язку;
  - повідомлення про процесі входження в зв'язок НС СКТРЛ з бортовою апаратурою КА і стані радіозв'язку в процесі проведення сеансу;
  - повідомлення про завершення сеансу зв'язку з КА. [3]

### 4. Вимоги до макету програмного забезпечення

Програмний комплекс "Імітатор НС СКТРЛ" повинен забезпечити формування і видачу в ТСР / ІР-потоків даних у структурі, відповідній структурі даних при обміні між НС СКТРЛ і ЦУП в РМЧ. Абонентом ПК "Імітатор НС" є СПЗ підсистема інформаційного супроводу КА типу "Січ-2".

ПК "Імітатор НС" повинен забезпечувати виконання таких цільових функцій:

- формування файлу сеансного репортажу в відповідності з вихідними даними сеансу зв'язку;
- видача в сокет даних сеансного репортажу для СПЗ підсистеми інформаційного супроводу в структурі, відповідній структурі даних при обміні між НС СКТРЛ і ЦУП в РМЧ;
- оброблення оперативних разових команд, отриманих від СПЗ Підсистема Інформаційного Супроводження.

Програмні компоненти, що реалізують функцію формування файлу квитанцій про результати відпрацювання ПСЗ в відповідності з вихідними даними сеансу зв'язку, повинні забезпечувати:

- відображення на монітор оператора вихідних даних сеансу зв'язку, у тому числі:
  - програми сеансу зв'язку (rknvvvvv.xxx);
  - списку програмних команд (rknvvvvv.xxx);
  - списку масивів даних (minvvvvv.xxx), де vvvvvv-номер витка сеансу зв'язку, xxx-умовний номер КА,
- n - ідентифікатор НС СКТРЛ;

- можливість вибору варіантів відпрацювання команд управління (ТАК / НІ / знята з виконання);
- формування файлу сеансного репортажу в структурі, відповідній структурі даних при обміні між НС СКТРЛ і ЦУП в реальному масштабі часу про результати відпрацювання ПСЗ в відповідності з вихідними даними СЗ, у тому числі:

- квитанцій про видачу та проходженні разових команд на борт КА;
- квитанцій про видачу та проходженні на борт КА програмних команд;
- квитанцій про видачу та проходженні на борт КА масивів даних.

Файл сеансного репортажу повинен бути сформований з урахуванням технології проведення СЗ.

Програмні компоненти, що реалізують функцію видачі в сокет даних сеансного репортажу для СПЗ підсистеми інформаційного супроводу забезпечують:

- формування потоку оперативних даних сеансу зв'язку відповідно до підготовленого файлом сеансного репортажу;
- програмну установку зв'язку для передачі оперативних даних в СПЗ підсистеми інформаційного супроводу з контролем з'єднання.

Програмні компоненти, що реалізують функцію обробки оперативних разових команд, отриманих від СПЗ Підсистема Інформаційного Супроводження, повинні забезпечувати:

- прийом та ідентифікацію оперативних разових команд
- автоматизоване формування і видачу в сокет квитанцій про отримання оперативних разових команд;
- автоматизоване формування і видачу в сокет квитанцій про проходження оперативних разових команд. [3]

### 5. Проведення випробувань та впровадження в програмне забезпечення

Функціональні випробування проводились з метою:

- перевірки функціональних та експлуатаційних характеристик цільових і сервісних програм ПК "Імітатор НС СКТРЛ" на їх відповідність вимогам ТЗ;
- визначення готовності ПК "Імітатор НС СКТРЛ" до використання у відпрацюванні СПЗ Підсистема Інформаційного Супроводу КА типу "Січ-2".

### Висновки

1. Функціональні випробування ПК "Імітатор НС СКТРЛ" проведені, ро-боча версія встановлена на технічних засобах ЦПОСІ та КНП.

2. В ході проведення функціональних випробувань проведені перевірки реалізації цільових функцій, заданих в ТЗ.

3. Підписано акт функціональних випробувань

в якому зазначено, що ПК "Імі-татор НС СКТРЛ" відповідає всім вимогам і допускається до використання у відпрацюванні СПЗ підсистеми

інформаційного супроводу КА типу "Січ-2" та проведенні навчання фахівців ЦПОСІ та КНП. [4,5].

#### **Список літератури**

1. ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ. Інформаційні технології збирання, оброблення та використання даних аерокосмічного спостереження Землі. Збірник наукових статей ДП "Дніпрокосмос". Випуск 1- Дніпропетровськ: Проспект, 2007. – 228 с.
2. "ТТЗ на выполнение ОКР "Создание космической оптико-электронной системы "Січ-2м" Січ 2М.12.9439.307 ТТЗ" / Дніпропетровськ, 2016
3. Звіт про НДР "Розроблення програмного комплексу "Імітатор наземної станції СКТРЛ" АУАШ.81.0015.059 ОТ / ДФ НЦУВКЗ, 2015
4. "Акт функциональных испытаний программного комплекса "Имитатор НС СКТРЛ" / ДФ НЦУВКЗ, 2015
5. "Программный комплекс "Имитатор НС СКТРЛ. Руководство пользова-теля" АУАШ.72.0009.059-01 92 01/ ДФ НЦУВКЗ, 2015

#### **References:**

1. REMOTE EARTH SENSING. Information technologies for the collection, processing and use of Earth Aerospace Surveys. Collection of scientific articles of Dniprokosmos State Enterprise. Issue 1 - Dnipropetrovsk: Prospect, 2007. - 228 p.
2. "TTZ for the implementation of development work "Creation of space optoelectronic system "Sich-2m" Sich 2M.12.9439.307 TTZ" / Dnepropetrovsk, 2016
3. Report on research work "Development of software complex" Ground station simulator SCTRPL "AUASH.81.0015.059 OT / DF NCUVKZ, 2015
4. "Certificate of functional tests of the software complex" Simulator NS SSTTR "/ DF NCUVKZ, 2015
5. "Program complex" Simulator of the National Academy of Sciences of the SCTRL. User Manual "AUASH.72.0009.059-01 92 01 / DF NCUVKZ, 2015

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «ИМИТАТОР НАЗЕМНОЙ СТАНЦИИ (НС) СКТРЛ»**

Кавац В.В., Капустин Е.И., Литвинова Н.А., Литвишко Т.Н.

Объект исследований – программный комплекс, который обеспечивает имитацию работы НС СКТРЛ, а именно обеспечивает формирование и выдачу в сокет ТСР/ІР-потоків даних в структуре, соответствующей структуре даних при обмене между НС СКТРЛ и ЦУП в реальном масштабе времени.

Цель работы - разработка программного комплекса (ПК) "Имитатор НС" для обеспечения отработки информационного взаимодействия между НС СКТРЛ и ЦУП КА. Для обмена данными между НС СКТРЛ и ЦУП в реальном масштабе времени используются программные сокеты ТСР/ІР. После установления соединений, образуются два симметричных ТСР - канала, через которые выполняется однонаправленная (для каждой стороны в противоположном направлении) передача основного потока данных.

Информационное взаимодействие между НС СКТРЛ и ЦУП КА обеспечивает Подсистема Информационного Сопровождения. Разработанный ПК "Имитатор НС" обеспечит формирование и выдачу в сокет ТСР/ІР- потоків даних в структуре, соответствующей структуре даних при обмене между НС СКТРЛ и ЦУП в реальном масштабе времени, что необходимо для разработки и инсталляции СПО этой подсистемы.

Ключевые слова: сокет, космической аппарат, командно-программная информация, наземная станция, специальное программное обеспечение, центр управления полетом.

**Ключевые слова:** сокет, космической аппарат, командно-программная информация, наземная станция, специальное программное обеспечение, центр управления полетом

## **DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE COMPLEX "IMITATOR OF GROUND STATION (GS) SCTRL"**

Kavats V., Kapustin Y., Litvinova N., Litvishko T.

The object of the research is a software complex that imitates the operation of the GS SCTRL, namely it provides the generation and delivery the socket of TCP / IP data streams to the structure corresponding to the data structure in the exchange between the GS SCTRL and the FCC in real time.

The purpose of the work is the development of the software complex (PC) "Simulator GS" to ensure the development of information interaction between the GS SCTRL and FCC SV. Software sockets TCP / IP are used for data exchange between GS SCTRL and FCC in real time. After establishing connections, two symmetric TCP-channels are formed, through which a unidirectional (for each side in the opposite direction) transmission of the main data stream is performed.

Informational interaction between the GS SCTRL and the FCC SV is provided by the Information Support Subsystem. The developed PC "Simulator GS" will ensure the formation and delivery to the socket of TCP / IP data streams in the structure corresponding to the data structure in the exchange between GS SCTRL and FCC in real time, which is necessary for the development and installation of Special Software this subsystem.

**Keywords:** socket, space vehicle, command and program information, ground station, special software, flight control center

УДК 574.08:681.78:629.52.7

**Жукаускас С. В.<sup>1</sup>, Сметанін К. В.<sup>2</sup>**<sup>1</sup>Министерство экологии и природных ресурсов Украины, Киев<sup>2</sup>Житомирский военный институт имени С.П.Корольова, Житомир

## СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ОБРАЩЕНИЯ С ОПАСНЫМИ ОТХОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье с использованием информации о беспилотных летательных аппаратах проанализированы возможности этих аппаратов осуществлять экологический мониторинг обращения с опасными отходами. Рассматривается возможность установки на беспилотные летательные аппараты специализированной аппаратуры для экологического контроля за состоянием воздуха, грунта, морской и речной поверхности вокруг техногенно опасных объектов. Предлагается использование беспилотных летательных аппаратов для ликвидации экологических угроз и рисков.

**Ключевые слова:** аппаратура экологического мониторинга, беспилотный летательный аппарат, опасные отходы, техногенно опасные объекты, экологический мониторинг

**Введение.** По данным «Национального доклада про состояние окружающей природной среды в 2016 году» нынешнюю экологическую ситуацию на территории Украины в целом можно охарактеризовать как напряженную. Существующий уровень экологической безопасности в основном обусловлен чрезвычайно высокой техногенной нагрузкой на территории Украины [1].

Низким сегодня остается уровень применения инновационных, ресурсосберегающих и природоохранных технологий, включая и технологии переработки, утилизации и уничтожения отходов. Накопление отходов стало одним из самых весомых факторов загрязнения окружающей среды, негативного воздействия на все его компоненты. Поэтому ограничение объемов образования отходов, расширение сферы, связанной с их утилизацией, обезвреживанием и экологически безопасным удалением и последовательным уменьшением их накоплений должны стать одними из важнейших задач [1,2]. Атомные электростанции является одним из крупнейших производителей радиоактивных отходов. На площадках атомных электростанций осуществляется их первичная переработка и временное хранение. Основная нагрузка на окружающую среду в промышленном секторе оказывают предприятия химической, металлургической, горнодобывающей отраслей и электроэнергетики. Потенциально экологически опасные объекты, внезапное возникновение чрезвычайных ситуаций, на которых могут нанести существенный экологический ущерб, составляют значительный удельный вес в структуре промышленности государства. Основными источниками их загрязнения являются сельское хозяйство, промышленность и транспорт. Отдельную проблему составляет крупномасштабное нефтехимическое загрязнение подземных вод и почв [2].

Аварии на промышленных предприятиях и связанная с ними проблема предупреждения ухудшения экологической обстановки главным образом вызваны низким уровнем безопасности производства, недостаточной подготовкой кадрового ресурса, устаревшими технологиями или недостаточным обеспечением выполнения технологических регламентов и т.п. В результате промышленных аварий возникают антропогенные изменения экосистем, которые долгосрочно влияют на здоровье и благосостояние людей, а также состояние природной среды. Совершенствование системы обеспечения экологической безопасности, существующей в Украине, должна сегодня стать одним из приоритетных направлений государственной политики на основе системного анализа, с учетом процессов трансформации в экономике и государственном управлении.

Главной задачей на ближайшую перспективу является минимизация уровня антропогенного воздействия на окружающую среду. При этом замена технологий и техническое переоснащение предприятий требует значительных капиталовложений. Основными угрозами в экологической сфере сегодня являются: [1,2]:

- значительное антропогенное нарушение и техногенная перегруженность территории Украины, рост рисков возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характеров, особенно в зоне проведения АТО на Донбасе;

- нерациональное, изнурительное использование минерально-сырьевых природных ресурсов как возобновляемых, так и невозобновляемых;

- негативные социально-экологические последствия Чернобыльской катастрофы;

- ухудшение экологического состояния водных бассейнов, обострение проблемы трансграничных загрязнений и качества воды;

- обострение техногенного состояния гидротехнических сооружений каскада водохранилищ на р. Днепр;

- неэффективность мер по преодолению негативных последствий и другой экологически опасной деятельности;

- усиление влияния вредных генетических эффектов в популяциях живых организмов, в том числе генетически измененных организмов, и биотехнологий;

- устарелость и недостаточная эффективность комплексов по утилизации токсичных и экологически опасных отходов.

В 2015 году в промышленном комплексе Украины функционировало около 1000 объектов, на которых хранились или использовались в производстве опасные химические вещества в количестве более 219 тыс. тонн (в частности, около 4 тыс. тонн хлора, 117 тыс. тонн аммиака и около 99 тыс. тонн других опасных химических веществ). Среди этих объектов наиболее опасны объекты по производству взрывчатых веществ и утилизации непригодных боеприпасов; предприятия химической и нефтеперерабатывающей промышленности; объекты, использующие хлор и аммиак (холодильные установки, установки по очистке воды и т.п.), склады пестицидов и агрохимикатов, аммиакопроводы. Наибольшее количество химически опасных объектов находится в Донецкой, Днепропетровской, Луганской, Харьковской областях. Всего в зонах возможного химического заражения потенциально опасных объектов проживает значительная часть населения Украины. Наибольшее количество химически опасных объектов сосредоточено в Донецкой, Днепропетровской, Луганской и Харьковской областях [1]. Как показывает практика, для правильной организации управления качеством окружающей природной среды необходимым условием является формирование полноценной системы мониторинга [2-5].

Система мониторинга окружающей среды рассматривается как система наблюдений, сбора, обработки, передачи, сохранения и анализа информации о состоянии окружающей среды, прогнозирования его изменений и разработки научно обоснованных рекомендаций для принятия решений о предотвращении негативных изменений состояния окружающей среды и соблюдения требований экологической безопасности. С помощью системы мониторинга выявляются критические ситуации, выделяются критические факторы воздействия и наиболее чувствительны к воздействию элементы биосферы [74].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ литературы показал, что на

сегодняшний день разработано различные методы, механизмы, принципы и методики определения состояния окружающей среды при проведении экологического мониторинга с использованием аэрокосмических технологий. Это

подтверждается проведенными исследованиями и трудами в области применения аэрокосмических технологий для задач экологии и природопользования таких ученых, как Азаров С.И., Аверин Г.В., Белявский Г.О., Богомья В.И., Бондар А.И., Бугор А.Н., Бусыгин Б.С., Ващенко В.Н., Волошин В.И., Востоков А.Б., Вульфсон Л.Д., Гарбук С.В., Гершензон В.Е., Гонин Г.Б., Горбулин В.П., Горелов В. А., Гош С.К., Гречищев А.В., Гришин Ю.И., Драновский В.И., Емец Н.А., Завалишин А.П., Зубова Л.Г., Кац Я.Г., Козлов Н.П., Копачевский И.М., Костюченко Ю.В., Котляр О.Л., Кохан С.С., Красовський Г.Я., Лебедев А.А., Лихачов Ю.А., Лялько В.И., Машков О.А., Мокин В. Б., Мосов С.П., Нестеренко О.П., Пашков Д. П., Петрук В.Г., Петросов В.А., Попов М.О., Присяжний В.И., Ребрин Ю.К., Рудько Г.И., Сахацкий А.И., Соколов Ю.Н., Станкевич С.А., Стрельцов В. А.,Тарарико О.Г., Федоровський А.Д., Ходоровский А.Я., Чандра А.М., Чумаченко С.Н., Шапар А.Г., Шмандий В.М., Шматков Г.Г., Яцкив Я.С. и др.

Одним из перспективных методов проведения экологического мониторинга является дистанционный, который базируется на основе комплексного использования космических, воздушных и подвижных наземных комплексов наблюдения систем наблюдения. В качестве воздушных комплексов рассматриваются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), дистанционно пилотируемые летательные аппараты (ДПЛА) [6-14].

**Формулирование цели статьи.** Цель статьи заключается в систематизации направлений и подходов по использованию беспилотных летательных аппаратах для осуществления экологического мониторинга при обращении с опасными отходами путем установки на эти аппараты специализированной аппаратуры экологического контроля (за состоянием воздуха, грунта, морской и речной поверхности) вокруг техногенно опасных объектов с целью ликвидации экологических угроз и рисков.

**Изложение основного материала.** Система мониторинга должна в информационном плане обеспечить организацию необходимых информационных потоков и улучшить наблюдение за основными процессами и явлениями в биосфере. Для принятия рациональных управленческих решений необходимым условием является наличие качественного информационного обеспечения по динамике различных показателей, характеризующих состояние окружающей среды. Согласно концепции SCOPE (с англ. - Научного



комитета по проблемам окружающей среды) систему повторных наблюдений одного и более компонентов окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и согласно предварительно подготовленной программой было предложено называть мониторингом. Термин «мониторинг» (от латинского *monitor* - тот, кто наблюдает) возник перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 5-16 июня 1972). Основные элементы мониторинга как системы, впервые описаны в работе Р. Манна (R. Mann, 1973).

Формированию научных основ современного мониторинга окружающей среды были посвящены работы академика И. П. Герасимова (Герасимов, 1975, 1976) и профессора Ю. А. Израэля (Израэль, 1984), в которых разработаны основные принципы формирования системы экологического мониторинга, а также частично отражены международные аспекты глобальной системы мониторинга. Профессор Ю. А. Израэль считал, что термин «мониторинг» появился в противовес термину «контроль», который включал не только наблюдения и получения информации, но и элементы активных действий, то есть элементы управления (*control* - на английском означает как контроль, так и управления). В нашей научно-технической литературе термин «контроль» предусматривает только получение и анализ информации и не предусматривает активные действия.

Мониторинг окружающей среды в современном понимании можно рассматривать как аналитически-информационную систему, которая охватывает следующие основные направления: наблюдение за состоянием окружающей среды и по факторам, которые влияют на отдельные элементы окружающей среды; оценка и анализ фактического состояния всех составляющих окружающей среды; прогнозирование состояния окружающей среды и оценки этого состояния; обеспечение научно-информационной поддержки принятия управленческих решений.

Сегодня сформировалась идеология, что БПЛА — это летательный аппарат, который предназначенной для полета без экипажа на борту. Ранее эти аппараты объединяли понятием беспилотной авиации - самолеты, управления (пилотирования) которых осуществляется без пилота, с помощью приборов различных систем, средствами радио (радиолокации, телевидения) подают команды на автопилот. При этом предусматривается, что элементы системы управления содержатся вне самолета и могут быть на земле, на воде и в воздухе, на месте старта, на маршруте полета. В зависимости от принципа управления, БПЛА экологического мониторинга подразделяются на: беспилотные неуправляемые; беспилотные автоматические;

беспилотные дистанционно-пилотируемые летательные аппараты.

БПЛА экологического мониторинга принято делить по таким взаимосвязанным параметрам, как масса, время, дальность и высота полета. Выделяют следующие классы аппаратов:

1. «Микро» (условное название) - массой до 10 килограмм, время полета около 1 часа и высотой до 1 километра.

2. «Мини» - массой до 50 килограммов, временем полёта несколько часов и высотой 3-5 километров.

3. Средние («миди») - до 1000 килограммов, временем 10-12 часов и высотой до 9-10 километров.

4. Тяжелые - с высотами полета до 20 километров и временем полета 24 часа и более.

Для определения координат и земной скорости современные БПЛА, как правило, используют спутниковые навигационные приемники (GPS или ГЛОНАСС). Углы ориентации и перегрузки определяются с использованием гироскопов и акселерометров. В качестве управляющей аппаратуры, как правило, используются специализированные вычислители на базе цифровых сигнальных процессоров или компьютеры формата PC / 104, MicroPC под управлением операционных систем реального времени (QNX, VME, VxWorks, XOberon). Программное обеспечение пишется обычно на языках высокого уровня, таких как Си, Си ++, Модула-2, Оберон SA или Ада95. Для передачи на пункт управления видеоданных, полученных с бортовых сенсоров БПЛА используется радиопередатчик, обеспечивающий радиосвязь с приемным оборудованием. В зависимости от формата изображений и степени их сжатия пропускная способность цифровых радиолиний передачи данных может составлять единицы-сотни Мбит/с. Кроме радиопередатчика, в состав бортовых радиосредств БПЛА должны входить приемник команд управления, а также передатчик служебного (телеметрической) информации.

БПЛА экологического мониторинга обычно применяют для решения широкого круга задач, выполнение которых пилотируемыми летательными аппаратами по разным причинам нецелесообразно. Такими задачами являются: мониторинг воздушного пространства, земной и водной поверхности; экологический мониторинг; мониторинг обращения с опасными отходами. С этой целью в статье приведены результаты анализа возможности использования существующих БПЛА для экологического мониторинга обращения с опасными экологическими отходами.

Существующие дистанционные методы наблюдений и контроля за состоянием природной среды основаны на использовании двух свойств зондирующих полей (электромагнитных, акустических, гравитационных): осуществлять взаимодействия с контролируемым объектом и

переносить полученную информацию к датчику. Зондирующие поля обладают широким набором информативных признаков и разнообразием эффектов взаимодействия с веществом объекта контроля. Принципы функционирования средств неконтактного контроля условно подразделяют на пассивные и активные. В первом случае осуществляется приём зондирующего поля, исходящего от самого объекта контроля, во втором производится приём отражённых, прошедших или переизлученных зондирующих полей, созданных источником.

Неконтактные методы наблюдения и контроля представлены двумя основными группами методов: аэрокосмическими и геофизическими. Основными видами аэрокосмических методов исследования являются оптическая фотосъёмка, телевизионная, инфракрасная, радиотепловая, радиолокационная, радарная и многозональная съёмка. Неконтактный контроль атмосферы осуществляется с помощью радиоакустических и лазерных методов.

Вначале радиоволны были использованы для анализа состояния ионосферы (по отражению и преломлению волн), затем сантиметровые волны применили для исследования осадков, облаков, турбулентности атмосферы. Область использования радиоакустических методов ограничена сравнительно локальными объёмами воздушной среды (около 1–2 км в радиусе) и допускает их функционирование в наземных условиях и на борту воздушных судов. Одной из причин появления отражённого акустического сигнала являются мелкомасштабные температурные неоднородности, что позволяет контролировать температурные изменения, профили скорости ветра, верхнюю границу тумана.

Принцип лазерного зондирования заключается в том, что лазерный луч рассеивается молекулами, частицами, неоднородностями воздуха; поглощается, изменяет свою частоту, форму импульса, в результате чего возникает флюоресценция, которая позволяет качественно или количественно судить о таких параметрах воздушной среды, как давление, плотность, температура, влажность, концентрация газов, аэрозолей, параметры ветра. Преимущество лазерного зондирования заключается в монохроматичности, когерентности и возможности изменять спектр, что позволяет избирательно контролировать отдельные параметры воздушной среды. Главный недостаток – ограниченность потолка зондирования атмосферы с Земли влиянием облаков.

Основными методами неконтактного контроля природных вод являются радиояркой, радиолокационный, флюоресцентный. Радиояркой метод использует диапазон зондирующих волн от

видимого до метрового для одновременного контроля волнения, температуры и солёности. Радиолокационный (активный) метод заключается в приёме и обработке (амплитудной, энергетической, частотной, фазовой, поляризационной, пространственно-временной) сигнала, отражённого от взволнованной поверхности.

Для дистанционного контроля параметров нефтяного загрязнения водной среды (площадь покрытия, толщина, примерный химический состав) используется лазерный отражательный, лазерный флюоресцентный методы и фотографирование в поляризованном свете. Флюоресцентный метод основан на поглощении оптических волн нефтью и различии спектров свечения легких и тяжёлых фракций нефти. Оптимальный выбор длины возбуждающей волны позволяет по амплитуде и форме спектров флюоресценции идентифицировать типы нефтепродуктов. Геофизические методы исследований применяются для изучения состава, строения и состояния массивов горных пород, в пределах которых могут развиваться те или иные опасные геологические процессы. К ним относятся: магниторазведка, электроразведка, терморазведка, визуальная съёмка (фото-, теле-), ядерная геофизика, сейсмические и геоакустические и другие методы.

Аэрокосмические (дистанционные) методы экологического мониторинга включают систему наблюдения при помощи самолетных, аэростатных средств, спутников и спутниковых систем, а также систему обработки данных дистанционного зондирования. В статье рассматриваются особенности экологического мониторинга окружающей среды с помощью беспилотных летательных аппаратов.

#### ***Рекомендуемые типы БЛА мониторинга обращения с опасными экологическими отходами***

В статье рассматриваются некоторые типы БПЛА взлетным весом от 5-ти до 150 кг, которые могут быть рекомендованы для экологического мониторинга обращения с опасными отходами.

#### ***1. R-100 — система воздушного мониторинга***



Рис. 1. Старт БПЛА

R-100 может выполнять экологический мониторинг в реальном времени днем, ночью, в условиях плохой видимости или ее полного отсутствия (рис. 1). На борту устанавливаются специальная аппаратура, дневные видеокамеры или сканеры. Видеоинформация и телеметрия

передается на пункт управления (или другим пользователям) в реальном времени или записывается на борту. Полеты могут выполняться по программе, или в режиме дистанционного управления оператором. Время подготовки аппарата R-100 к полету не более 5

минут. Взлет- с грунтовой площадки, с катапульты. Посадка- на грунтовую площадку, с парашютом (аварийная). Допустимый боковой ветер при взлете - 10 м/сек. Длина стартовой катапульты - 3-6 м. Посадочная сетка-ловушка 2,5 х 6м. Габариты 1,8 х 1,4 м.

Технические характеристики **R-100**

Двигатель	Один цилиндр 2,5 л.с.	Два цилиндра 3,5 л.с.	Один цилиндр 7 л.с.	Два цилиндра 14 л.с.
Продолжительность полета(час), до	4	3	2	2
Заправка (кг),	до 4	до 6	до 8	до 9
Полезная нагрузка (кг)	3	5	8	10
Скорость (км/ч)	45-190	50-220	60-290	70-400
Макимальный взлетный вес (кг)	14	18	25	35
Макс. высота полета (м)	2500	3000	4000	5000

### 2. R-400 система воздушного мониторинга

R-400 может выполнять экологический мониторинг в реальном времени и применяться днем, в том числе и в условиях плохой видимости. Полеты могут выполняться по программе, или в режиме дистанционного управления оператором. Время подготовки R-400 к полету 20 минут. Предусмотрена установка специализированного оборудования,

различных видео или фотокамер, тепловизора. Компоновка самолета и увеличенные объемы аппаратного отсека позволяют устанавливать оборудование для мониторинга обращения с опасными отходами. Взлет - с катапульты или по самолетному с площадки 10х50 м. Посадка - на площадку 10х50 м. Допустимый ветер при взлете - 10 м/сек. Длина стартовой катапульты - 4 м.

Технические характеристики **R-400** :

Силовая установка	2-х цилиндровый 3,5 л.с.	1 цилиндровый 6 л.с.
Размах крыла (м.)	2,5	2,5
Длина	1,8	1,8
Продолжительность полета (час)	4	7
Заправка (кг)	до 5	до 15
Полезная нагрузка (кг)	6	10
Скорость (км/час)	50-150	60-200
Максимальный взлетный вес (кг)	16	35
Макс. высота полета (м)	2500	4000

### 3. R-600 система радиационного мониторинга

Система дистанционного радиационного мониторинга "P- 600 АСПЕК" целесообразно использовать для комплексной оценки радиационной обстановки окружающей среды.

Система "АСПЕК" была создана в рамках выполнения Государственной Программы: "Комплексное картирование техногенного радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС".

Данная экспертная система обеспечивает радиационный дистанционный мониторинг, дистанционное выявление источников радиоактивности малой интенсивности с визуализацией их пространственного

распределения и идентификации изотопного состава по спектру гамма-излучения.

"P-600 АСПЕК" - комплексная многофункциональная система, созданная на основе современных инструментальных и информационных технологий. Система позволяет в режиме реального времени регистрировать уровни радиоактивного загрязнения местности, получать конечную (в виде карты) информацию о характере распределения на поверхности радиоактивных веществ с высокой пространственной разрешающей способностью и чувствительностью до 0,01 Ки/км на высоте 100 м. на борту беспилотного летательного аппарата. Система "P-600 АСПЕК" может использоваться как для фонового так и кризисного мониторинга.

Фоновый мониторинг предусматривает: поиск и определение точного местоположения локальных радиоактивных пятен (или точечных источников) гамма-излучения, определение их типа и активности; выявление радиоактивно загрязненных участков земель и водоемов, определение их границ; ведение базы данных радиоактивных могильников с использованием элементов географической информационной системы; проведение экспертизы и определение эффективности мероприятий по дезактивации местности; проведение инспекции ядерных могильников, ядерных технологий; периодический контроль радиационной обстановки в местах расположения санкционированных и несанкционированных "могильников", хранения ядерных материалов.

Кризисный мониторинг предусматривает: осуществление оперативного контроля за развитием радиационной обстановки при аварийной ситуации в местах захоронения радиоактивных материалов с целью оценки масштабов распространения радиоактивного загрязнения и предсказания их последствий для региона в целом (с учетом гидрометеорологических и других факторов, влияющих на протекание процессов распространения радиационного загрязнения); организацию контроля за радиационной обстановкой в послеаварийный период с целью уточнения распространения радиоактивного пятна, выявления эффективности проводимых мер по дезактивации местности, прогнозирования границ и сроков нормализации радиационной обстановки. Предусматривается, что беспилотный летательный аппарат Р-600 пролетает над обследуемой территорией галсами. Сетка выглядит как прямоугольник со стороной 250 м, для крупномасштабной карты - 2 км (за счет основных и дополнительных меридиональных маршрутов), достаточный для получения наперед заданной подробности. Скорость полета может варьироваться от 50 до 150 км/час. Высота полета от 50 до 300 м. Информация ежесекундно фиксируется в бортовой ЭВМ. Многоканальный анализатор на базе детектора NaI(Tl) регистрирует энергию излучения в диапазоне 60 кэВ - 3000 кэВ по характерным гамма-линиям. Окончательная обработка и построение карты происходит на наземной станции. По "идеологии" построения - "Р-600 АСПЕК" это система нового поколения с использованием геоинформационной системы и глобальной спутниковой системой навигации.

В режиме реального времени система способна обеспечить радиационный мониторинг территорий с высокой пространственной разрешающей способностью и получением информации непосредственно на борту летательного аппарата.

Р-600 АСПЕК" состоит из двух комплексов - бортового и наземного. Бортовой комплекс включает:

- гамма-спектрометр на основе сцинтилляционного детектора объемом от 4,5 до 25 литров (поставка в зависимости от типа летательного аппарата), специализированной мультипроцессорной системы первичной обработки информации. Установочное оборудование детектора позволяет изменять угол обзора поверхности земли от 50 до 150 градусов для выбора оптимального пространственного разрешения в различных условиях полетов;

- систему навигации и топопривязки, включающую в себя спутниковую навигационную систему Навстар и высотомер. Система предназначена для определения местонахождения беспилотного самолета с точностью 10 м и его высоты полета над землей ( $\pm 1$  м);

- вычислительный комплекс, предназначенный для оперативного контроля и управления приборами. Комплект программ обеспечивает контроль оперативной обстановки и состояния оборудования (суммарные дозы, ландшафты, карту местности, в которой производится съемка, координаты и высоту полета и т.д.).

Наземный мобильный пусковой комплекс предназначен для обработки и визуализации полученной информации. Программы обработки принимают полученную в процессе полета информацию, производят ее преобразование (учет ландшафта, высоты полета), вычисление координат Гаусса-Крюгера участка измерения. На следующем этапе производится интерполяция полученных данных внутри одного участка, осреднение и их экстраполяция на участки, приходящиеся на цикл передачи данных в бортовой компьютер. Полученные данные являются исходными для отображения результатов измерений на дисплее и графопостроителе. Они же используются для восстановления поля загрязнения в узлах сетки и построения карты изолиний.

Наземный стационарный пункт предназначен для отображения графической информации в виде карт.

Наземный комплекс предназначен для обработки получаемых на съёмных жёстких носителях информации данных бортового комплекса, накопления информации и отображения ее в виде карт и таблиц. Наземный комплекс производит анализ входных данных, рассчитывает концентрации и мощности доз по хранящимся калибровочным данным, производит анализ на наличие локальных источников, строит карты изолиний концентраций радиоактивных элементов исследуемого района.

Технические характеристики **R-600**:

Размах крыла	3,4м
Длина	2,4м
Дальность беспосадочного полета	700км
Продолжительность полета	5ч
Скорость полета	70-200 км/ч
Максимальная высота	3000м
Двигатель-поршневой, 2-х.тактный, 2-х цилиндровый, рабочий объем 210см <sup>3</sup> , мощность	22 л.с.
Расход топлива	4,5 л/ч
Взлет по самолетному или с катапульты.	
Посадка-парашютное или по самолетному на малую грунтовую площадку.	
Кол-во видеотерминалов (в т.ч. ночных)	1-3 шт.
Взлетный вес	85 кг
Полезная нагрузка, до	25 кг
Транспортировка - до двух самолетов в мобильной наземной станции на базе микроавтобуса.	

**4. БПЛА ХАИ-112, БПЛА «Бекас»**

Аппарат ХАИ-112 входит в состав многоцелевого беспилотного авиакомплекса «Сапсан», предназначенного для круглосуточного воздушного наблюдения в реальном масштабе времени. Аппарат способен обеспечить выполнение следующих задач экологического мониторинга: мониторинг территориальных вод; контроль за состоянием нефтегазопроводов и линий электропередач; мониторинг объектов природно-заповедного фонда и техногенно опасных объектов. Взлетная масса аппарата 60 кг, радиус его действия составляет 120 км, масса полезной нагрузки – 15 кг, практический потолок – 4000 м, максимальная скорость полета – 180 км/ч.

БПЛА «Бекас» имеет вес 20 кг и радиус действия 60 км. Этот аппарат также может использоваться для экологического мониторинга.

**5. Переносной комплекс воздушного наблюдения «Ремез-3»**

Комплекс может использоваться для ведения телевизионного наблюдения местности в реальном масштабе времени. Все элементы комплекса в транспортировочном состоянии упаковываются в три контейнера массой не более 15 кг каждый. Размеры контейнеров 1х0,4х0,4м. Малые размеры аппарата обусловлены оригинальной компоновкой. БПЛА «Ремез-3» выполнен по схеме «утка» с коротким фюзеляжем в виде эллиптического тела вращения и толкающим воздушным винтом, установленным в кольце. Такая аэродинамическая схема, а также силовая установка на основе поршневого двигателя Д-23 мощностью 2,5 л.с. обеспечивают аппарату широкий диапазон скоростей – от 58 до 105 км/ч. Длина аппарата составляет 0,78 м, размах крыла – 2 м, а масса всего 10 кг. При этом масса полезной нагрузки составляет 3 кг, радиус

действия «Ремез-3» – 5 км, а максимальное время пребывания в полете – 1 час. Взлет аппарата может производиться как самолетным способом, так и с помощью механической катапульты оригинальной конструкции, посадка – под парашютом.

**6. Мобильный комплекс воздушного наблюдения «Альбатрос-4К»**

Комплекс разработан КБ «Взлет». Для БПЛА «Альбатрос-4К» была выбрана классическая аэродинамическая схема свободносущего моноплана с толкающим винтом. Крыло большого удлинения обеспечивает высокое аэродинамическое качество и достаточные характеристики устойчивости самолета как с работающим, так и с остановленным двигателем. Взлет БПЛА «Альбатрос-4К» производится по-самолетному или с катапульты, посадка – при помощи парашютной системы, с принудительным выбросом купола. Полет выполняется по командам оператора, при этом текущее местоположение и параметры траектории аппарата определяются приемником GPS-35 спутниковой системы навигации NAVSTAR и передаются на монитор ПК, входящий в наземный комплекс управления. Видекамера для наблюдения местности установлена на качающейся платформе, способной отклоняться в двух плоскостях по командам оператора. Это позволяет осматривать объекты в стороне от траектории полета без изменения курса, а также сопровождать выбранную цель в пределах видимости. Эксплуатация опытной серии БПЛА «Альбатрос-4К» подтвердила высокую ремонтпригодность аппарата и возможность установки на нем специализированного оборудования экологического мониторинга.

### 7. БПЛА Vel-100, Vel-400 u Vel-600

В Киеве разработкой и изготовлением беспилотных аппаратов занимается Украинская авиационная компания «Велес», тесно сотрудничающая в сфере создания и продвижения на мировой рынок украинских БПЛА с «Укринмаш» – дочерним предприятием Государственной компании «Укрспецэкспорт». Конструкторским бюро УАК «Велес» разработаны три типа БПЛА – Vel-100, Vel-400 и Vel-600, предназначенные для информационного мониторинга или хозяйственных работ в сложных условиях, а также беспилотный прототип малого 2–7-местного самолета с вертикальным взлетом (легко модернизирующегося в БПЛА). «Велес» имеет практический опыт применения аппаратов Vel-100 в сельском хозяйстве: с их помощью над полями распылялись экологически чистые средства борьбы с насекомыми. На сегодняшний день построена опытная серия из 8-ми БПЛА этого типа. Модификация Vel-100 с четырнадцатисильным двухцилиндровым двигателем способна развивать скорость до 380-400 км/ч, а потолок высоты может достигать 6000 м, что позволяет использовать аппарат в качестве низкоскоростной мишени для отработки стрельб ПВО (в том числе боеприпасами инфракрасного наведения). Взлетная масса БПЛА Vel-100 в базовой комплектации составляет 14 кг, а полезная нагрузка – 5 кг. Эти показатели, в зависимости от мощности устанавливаемого двигателя, могут возрастать до 32 и 10 кг соответственно; скоростные характеристики различных версий Vel-100 варьируются от 55 до 400 км/ч, а длительность полета – от 2 до 5 часов. Планер Vel-100 выполнен по схеме «летающее крыло». Разработана также морская версия комплекса БПЛА Vel-100 – Velmarina-100, предназначенная для морского базирования на катерах экологического патруля. При этом взлет и посадка аппарата может производиться на катер, находящийся в движении.

В других разработках УАК «Велес» – БПЛА серии Vel-400 и Vel-600 – использована более традиционная схема компоновки планера, представляющая собой высокоплан с толкающим винтом, расположенным позади крыла. Аппараты, имеющие идентичную конструкцию и схожие технические характеристики, различаются только своими размерами. Размах крыла Vel-400 и Vel-600, в зависимости от массы полезной нагрузки, может составлять от 3 до 5 м для первой модели и от 5 до 7 м – для второй; максимальная скорость – до 180 км/ч; максимальный взлетный вес аппарата – 75-125 кг; полезная нагрузка – до 25-65 кг, практический потолок высоты – 4000 м, продолжительность полета – 5-9 часов. Существует модификация БПЛА Vel-400 с увеличенной продолжительностью полета – до 12-ти часов. Возможность установки на аппарат Vel-600 специального оборудования позволяет ему, кроме

выполнения обычных для БПЛА функций, выявлять ультрамалые источники радиоактивности и составлять карту загрязненных районов. Vel-600 также может быть оборудован тремя бортовыми видеотерминалами.

### 8. БПЛА «Беркут»

БПЛА «Беркут» — разработка украинского научно-исследовательского института проблем физического моделирования режимов полета самолетов Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского (НИИ ПФМ ХАИ). БПЛА «Беркут» - может использоваться для решения широкого круга задач, связанных с экологическим мониторингом. Беспилотник имеет радиус действия до 200 км при работе в реальном масштабе времени, 350 км — с использованием воздушного ретранслятора и 700 км – с использованием бортовых регистраторов результатов наблюдения.

БПЛА «Беркут» может использоваться для решения следующих задач экологического мониторинга: мониторинг акваторий, речных массивов, территориальных вод и объектов природно-заповедного фонда; мониторинг техногенно опасных объектов; экологический контроль состояния автомобильных и железнодорожных магистралей; контроль состояния нефтегазопроводов и линий электропередач.

Технические характеристики БПЛА «Беркут»: максимальная взлетная масса – 60- кг; масса полезной нагрузки - 625 кг; практический потолок - 5000 м; максимальная скорость полета - 210 км/ч; крейсерская скорость полета - 150 км/ч; продолжительность полета - 10 ч; радиус действия - 200 км; размах крыла - 6,4 м; длина - 4,0 м.

В состав комплекса «Беркут» входит: четыре БПЛА в транспортных контейнерах; наземная станция управления со средствами радиосвязи; наземный приемопередающий терминал радиолинии передачи данных; пульт управления взлетом-посадкой БЛА «Беркут-1»; пневмокатапульта для запуска БПЛА «Беркут-2»; комплект средств технического обслуживания; четыре грузовых автомобиля для размещения и транспортировки комплекса. БПЛА «Беркут» выполнен из композиционных материалов и алюминиевых сплавов. Беспилотник оснащен поршневым или роторным двигателем мощностью 38- 45 л.с. (в зависимости от модификации). Бортовая система управления позволяет выполнять полет в автономном режиме по запрограммированным точкам маршрута (с использованием аппаратуры спутниковой навигации) и/или в режиме дистанционного управления с земли.

БПЛА «Беркут-1», «Беркут-1Р», «Беркут-1Т» оснащены трехколесным шасси для взлета и посадки, а также аварийной парашютной системой. Запуск — с пневмокатапульта, а посадка — под парашютом.

### 9. «Кажан» Мобільний комплекс беспилотно-воздушного моніторингу

Комплекс може використовуватися для екологічного моніторингу протяжених об'єктів в дневное и ночное время. Не нуждается во взлетно-посадочных полосах. Автономный полет и навигация на маршруте. На базе автомобилей высокой проходимости. Высоконадежные способы взлета и посадки. Защищенные каналы передачи данных Простой в работе и в обслуживании.

Технические характеристики комплекса «Кажан»: радиус действия 70 км; продолжительность полета 4 ч; крейсерская скорость полета 110 км/ч; потолок 4000 м; максимальный взлетный вес 20 кг; вес целевой нагрузки 3 кг; размах крыла 3 м; длина самолета 2,3 м.

### 10. Кажан-2 Мобільний комплекс беспилотно-воздушного моніторингу

Комплекс может использоваться для мониторинга объектов природно-заповедного фонда и техногенно опасных объектов. Комплекс предусматривает автономный полет и навигация на маршруте, возможность изменения программы полета, передачу результатов мониторинга в реальном масштабе времени.

Технические характеристики комплекса «Кажан-2»: радиус действия 10 км; продолжительность полета 40 мин; крейсерская скорость полета 80 км/ч; потолок 4000 м; максимальный взлетный вес 3 кг; вес целевой нагрузки 0,5 кг; размах крыла 1,4 м; длина самолета 1 м.

Следует отметить, что многие новейшие разработки, а также опытные образцы украинских «беспилотников» по своим характеристикам, качеству и цене значительно лучше своих

иностранных аналогов. По словам независимых американских экспертов в сфере разработки летательных аппаратов, посетивших украинские предприятия по созданию БПЛА, уровень аэродинамического совершенства у украинских БПЛА «Проект 21», «Сова», «Стрепет», «MRS «P-100» и других намного лучше БПЛА израильского производства. При этом возможностей у аппаратов израильского производства зачастую существенно меньше, а цены на них значительно завышены.

**Выводы.** Проблема усовершенствования системы экологического мониторинга окружающей среды для Украины является актуальной особенно в существующих в настоящее время условиях. Ее решение связано в первую очередь с необходимостью использования беспилотных летательных аппаратов. Рассмотрены дистанционные методы контроля окружающей среды для обеспечения системы мобильного экологического мониторинга обращения с опасными отходами с использованием беспилотных летательных аппаратов. Отечественные разработчики и зарубежные эксперты в аэрокосмической области единодушно сходятся во мнении о том, что на сегодняшний день на Украине готов высококачественный продукт беспилотной авиационной техники, который по качеству и надежности не хуже, а то и «на голову» выше своих мировых аналогов. Этот факт позволяет с оптимизмом смотреть в будущее, в котором Украина, несомненно, укрепит свои лидирующие позиции как среди ведущих производителей беспилотных летающих аппаратов, так и в решении задач обеспечения экологической безопасности.

### Список литературы:

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінв Д.С. – 2017. – 308 с.
2. Бондар О.І. Моніторинг навколишнього середовища / [О. І. Бондар, І. В. Корінько, В. М. Ткач, О. І. Федоренко]; під ред. О. І. Федоренко. – К.-Х.: ДЕІ-ГТІ, 2005. – 126 с.
3. Машков О.А. Застосування інформаційних аерокосмічних технологій для оцінки транскордонних екологічних конфліктів / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі // Науково-технічний журнал «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті». – К.: НТУ. № 2, 2015, – С. 136-147.
4. Машков О.А. Використання даних аерокосмічного моніторингу для оцінки транскордонних екологічних конфліктів / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі // Міжнародна наукова конференція «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту» (25–28 травня 2015 р.). – Залізний порт: ХНТУ. – 2015. – С.96–106.
5. Машков О.А. Науково-технічне супроводження аерокосмічних технологій для екологічного моніторингу та прогнозування стану природного середовища / О.А. Машков, Р.К.Н. Аль-Тамімі, Д.Д.Х. Ламі, В.Р. Косенко // Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (17–20 листопада 2015 р.) – К.: ДУТ. – Том. III. – 2015. – С.27-29.
6. Машков О.А. Коробчинський М.В., Щукін А.Н., Ярема О.Р. Теоретические основы создания функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом беспилотных летательных аппаратов экологического мониторинга / Моделирование та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 66, Київ, 2012. – С. 215-223.
7. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга / Науково-практичний журнал «Екологічні науки», № 1/2014(5), К., ДЕА, 2014. – С.57-67.
8. Машков О.А., Коробчинський М.В., Щукін А.Н., Ярема О.Р. Исследование свойств функционально-устойчивого комплекса управления групповым полетом БПЛА экологического мониторинга / Моделирование та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 65, Київ, 2012. – С. 202-214.
9. Mashkov O., Vasilyev V., Frolov V.. Geoinformation and aerospace technologies for information from satellite processing: environmental monitoring / Науково-практичний журнал «Екологічні науки», № 2/2013(4), К., ДЕА, 2013. – С.107-113.

10. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
11. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
12. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
13. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
14. <http://vikaodessa.od.ua/news/?news=102117>
15. <http://ekoex.ru/distancionnyj-monitoring-okruzhayushhej-sredy/>
16. <http://ebooks.semgu.kz/content.php?cont=d;1352>

### References:

1. *Natsionalnaya dopovid about the camp of the nakkolishnogo natural medium in Ukraine in 2015 році.* - К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. - 2017. - 308 p.
2. Bondar O.I. *Monitoring of the mid-mountain range* / [O. I. Bondar, I. V. Korinko, V. M. Tkach, O.I. Fedorenko]; під ред. O.I. Fedorenko. - К.-Н.: DEI-GTI, 2005. - 126 p.
3. Mashkov OA *Застосування інформаційних аерокосмічних технологій for оцінки транкордонних екологічних конфліктів* / OA Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy // *Scientific and technical journal "Information processing, technology and transport systems"*. - К.: NTU. No. 2, 2015, - P. 136-147.
4. O. Mashkov. *Використання даних аерокосмічного моніторингу for оцінки транкордонних екологічних конфліктів* / O.A. Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy // *The international science conference "Intelligent systems of reception of the country and problems with the enumerative telecommunication" (25-28 travnja 2015 rub.)*. - Залізний порт: KHNTU. - 2015. - P.96-106.
5. O. Mashkov. *Scientific and technical subconstruction of aerocosmic technologies for ecologic monitoring and forecasting of the camp of natural resources* / O.A. Mashkov, R.K.N. Al-Tamim, DDH Lamy, V.R. Kosenko // *Міжнародна науково-технічна конференція «Сучасні інформаційно-телекомунікаційні технології» (17-20 листопада 2015 р.)* - К.: DUT. - Том. III. - 2015. - P.27-29.
6. Mashkov OA *Korobchinsky MV, Shchukin AN, Yarema O.R. Theoretical basis for the creation of a functional-stable control complex for the group flight of unmanned aerial vehicles for environmental monitoring* / *Modeluvannya te informatsionniy tekhnologii* / *Zbirnik naukovichesk prax*, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 66, Київ, 2012. - С. 215-223.
7. Mashkov OA, Vasiliev VE, Frolov VF. *Methods and technical means of environmental monitoring* / *Scientific and Practical Journal "Ecological Sciences"*, No. 1/2014 (5), К., DEA, 2014. - P.57-67.
8. Mashkov OA, Korobchinsky MV, Shchukin AN, Yarema O.R. *Investigation of the properties of a functionally stable complex for managing a group flight UAV of environmental monitoring* / *Modeluvannya te informatsiyni tehnologii* / *Zbirnik naukovichesk prax*, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 65, Київ, 2012. - С. 202-214.
9. Mashkov O., Vasilyev V., Frolov V. .. *Geoinformation and aerospace technologies for information from satellite processing: environmental monitoring* / *Scientific and Practical Journal "Ecological Sciences"*, No. 2/2013 (4), К., DEA, 2013- P.107-113.
10. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
11. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
12. <http://eizvestia.com/armiya/full/285-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-berkut>
13. <http://eizvestia.com/armiya/full/456-bespilotnyi-letatelnyi-apparat-a-12-uragan>
14. <http://vikaodessa.od.ua/news/?news=102117>
15. <http://ekoex.ru/distancionnyj-monitoring-okruzhayushhej-sredy/>
16. <http://ebooks.semgu.kz/content.php?cont=d;1352>

## СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПОВОДЖЕННЯ З НЕБЕЗПЕЧНИМИ ВІДХОДАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Жукаускас С.В., Сметанін К.В.

У статті з використанням інформації про безпілотні літальні апарати систематизовано можливості цих апаратів здійснювати екологічний моніторинг поведження з небезпечними відходами. Розглядається можливість установки на безпілотні літальні апарати спеціалізованої апаратури для екологічного контролю за станом повітря, ґрунту, морський і річковий поверхні навколо техногенно небезпечних об'єктів. Пропонується використання безпілотних літальних апаратів для зменшення екологічних загроз і ризиків.

**Ключові слова:** апаратура екологічного моніторингу, безпілотний літальний апарат, небезпечні відходи, техногенно небезпечні об'єкти, екологічний моніторинг



## **SYSTEMS OF MOBILE ENVIRONMENTAL MONITORING OF HANDLING WITH DANGEROUS WASTE WITH THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES**

Zhukauskas S.V, Smetanin K.V.

In the article, using the information on unmanned aerial vehicles, the capabilities of these devices to perform environmental monitoring of handling hazardous wastes are analyzed. The possibility of installing specialized equipment for environmental monitoring of air, soil, sea and river surface around technologically dangerous objects is being considered for unmanned aerial vehicles. It is proposed to use unmanned aerial vehicles to eliminate environmental threats and risks.

**Keywords:** environmental monitoring equipment, unmanned aerial vehicle, hazardous wastes, technologically dangerous objects, environmental monitoring

УДК 351.863:336.71

Стрюков А. С.

## МЕХАНІЗМИ ВРАХУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ВПЛИВУ ПРИ ПРИЙНЯТТІ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

На основі аналізу різних джерел літератури в роботі представлено механізм можливостей щодо врахування інформаційного впливу в організаційних системах при прийнятті управлінських рішень. Крім того, розглядаються особливості та основні етапи процесу управління в організаційній системі. Запропонований механізм дає можливість стійкого управління прийняттям рішення в різних умовах в тому числі і під інформаційним впливом.

**Ключові слова:** інформаційний вплив, система управління, організаційна система, інформаційна безпека

### Вступ

На сучасному етапі управління складними організаційними системами (СОС) схильне до значних змін, що пов'язані з нестабільністю ситуацій та різних (зовнішніх та внутрішніх) впливів [1]. В таких умовах підвищуються ризики виконання функціональних завдань, які можуть призвести до негативних наслідків роботи організаційних системи в цілому, в тому числі і під впливом інформаційного діяння. Крім цього, з розвитком інформаційних технологій, розширюються не тільки можливості організаційної системи, але і підвищується ступінь стороннього впливу. Тому непрофесійні дії персоналу, а також несанкціоновані особи можуть завдати істотної шкоди організаційній системі [2]. У зв'язку з цим на порядку денному стоять актуальні питання, пов'язані із забезпеченням функціонально-стійкої роботи СОС і стабільності відпрацювання покладених завдань в різних умовах [1, 2]. При цьому, будь-яка діяльність організаційної системи завжди пов'язана з певним ризиком.

Крім цього, в організаційних системах необхідно враховувати нестабільність економічних умов роботи працівників, що також призводить до необхідності проводити реструктуризацію і структурні зміни установи, що є одним із шляхів розвитку і стабілізації на найближчу перспективу [1, 2].

З появою можливості інформаційної обробки даних в установі прискорився витік конфіденційної інформації, що пов'язаний із наявністю внутрішніх і зовнішніх загроз [2, 3]. Недосконалість системи інформаційної безпеки, змушує проводити пошук конструктивних методів захисту діяльності організаційної системи, в тому числі і інформаційну складову. Однак, на сьогоднішній день не існує єдиного методологічного захисту діяльності СОС, яка пов'язана з рядом причин [2, 3, 4]:

– збільшення протиріч між різними організаційними системами (конкуренція на ринку), які надають однакові послуги;

– розширення сфери наданих послуг установою і можливості їх реалізації;

– збільшення залучення вільнонайманих фахівців, і їх фінансова зацікавленість при виконанні різних фінансово-економічних завдань;

– підвищення інформаційної складової та здійснення активної передачі інформації різного характеру, як у структурі установи, так і в даній галузі;

– розвиток різних підходів для витоку інформації і різні можливості несанкціонованого доступу до конфіденційних даних.

Крім цього, серед проблем захисту діяльності організаційної системи від впливу зовнішнього і внутрішнього характеру все більш актуалізується необхідність забезпечення охорони фінансових ресурсів, захист інформації, майна і персоналу установи, створення механізмів захисту організаційної системи та інші [3, 4].

**Аналіз літератури.** Проблемою забезпечення безпеки інформаційної діяльності організаційної системи займається ряд вчених, серед яких можна виділити результати досліджень [3, 4, 5]. Однак, в даних роботах на сьогоднішній день не достатньо розкрито всі особливості ведення управлінської діяльності СОС. Це пов'язано з тим, що ряд сучасних технологій (і, в першу чергу, інформаційних) постійно розвиваються і розроблені механізми прийнятті управлінських рішень в умовах захисту від інформаційного впливу не в повному обсязі реалізовані [3, 4].

Необхідно також враховувати, що основним завданням складної організаційної системи (незалежно від роду завдання) є підвищення прибутковості та фінансової діяльності, що також не сприяє безпеці і підвищує економічні ризики.

На ряду з цим аналіз літератури [1, 2, 4, 5] показав, що багато науково-методичних матеріалів, а також книг присвячені, головним чином, організаційним, технічним та правовим аспектам безпеки організаційної системи. У той же час, у багатьох джерелах не розкривається питання пов'язане зі своєчасним прийняттям важливих управлінських рішень діяльності

складної організаційної системи в умовах інформаційного впливу.

**Мета статті.** Все вищевказане призводить до необхідності вирішення актуального наукового завдання, яке полягає в удосконаленні системи управління та відпрацювання прийняття рішень в складних організаційних системах, в умовах підвищеного рівня інформаційної загрози.

### Виклад основних досліджень.

Сьогодні в СОС, незалежно від завдань, що виконує установа, виникають економічні ризики, які пов'язані з умовами невизначеності, що впливає на прийняття управлінських рішень. Поява ризиків пов'язано з матеріальними, трудовими, фінансовими, інформаційними та іншими ресурсами, які породжують дефіцит і призводять до економічного ризику [1, 3]. Тому основною метою циркуляції інформації в СОС є заснування такого інформаційного простору, який забезпечує достовірний та своєчасний обмін даними (інформаційний обмін) між усіма учасниками, а також її захист та нерозповсюдження [2, 5].

В даному випадку під інформаційною безпекою у СОС будемо розуміти стан інформаційного середовища, при якому гарантується його розвиток і використання в інтересах виконання поставлених завдань для досягнення поставленої мети установи.

Концептуальна модель інформаційної безпеки у СОС представлена на рис. 1. Аналіз літератури

[2, 5, 6] показав, що загрозами у СОС в контексті інформаційного впливу можуть бути:

- порушення встановленого регламенту збирання, обробки, зберігання і передачі інформації з обмеженим доступом в СОС;
  - несанкціонований доступ до інформаційних ресурсів, незаконне збирання та використання інформації;
  - реалізація програмно-математичних заходів з метою порушення функціонування інформаційних систем;
  - перехоплення інформації в телекомунікаційних мережах, радіоелектронне глушіння засобів зв'язку та системи управління;
  - інформаційно-психологічний вплив на керівництво та працівників СОС, у тому числі на інженерний склад, що обслуговує технічні засоби.
- Можливими наслідками інформаційного впливу на роботу СОС можуть бути такі негативні результати, які пов'язані з [2, 4]:
- порушення системи управління;
  - зниження технологічного рівня розвитку структури СОС;
  - зниження морально-психологічного стану керівництва та працівників СОС;
  - розкол між колективом та керівництвом за політичними, релігійними, етнічними, службовими та іншими факторами;
  - зниження працездатності керівництва та колективів СОС;
  - невиконання функціональних та законодавчих завдань.

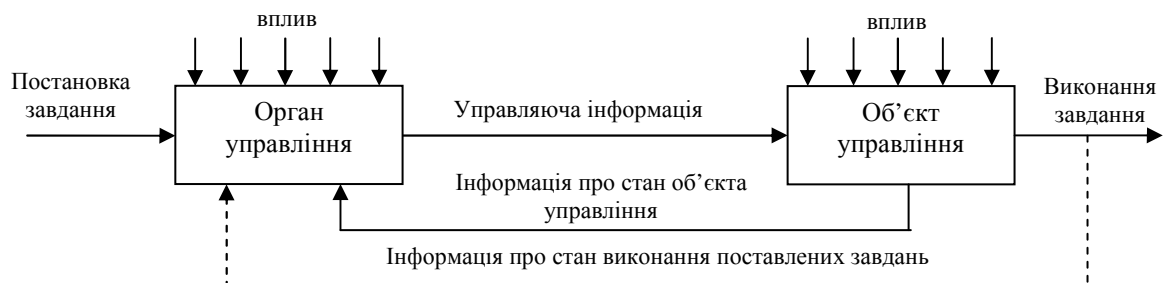


Рис. 1. Організаційне управління як інформаційно-аналітичний процес

Основу будь-якої діяльності, у тому числі і СОС, складає її інформаційне забезпечення [2, 5]. Інформація є одним із основних засобів рішення проблем та завдань в СОС. Від її якості залежить ефективність управління СОС. Отримання у гранично стислі терміни необхідної вірогідної інформації, повне і вміле її використання є однією із умов досягнення стабільного розвитку економіки та фінансової стабільності СОС. Крім того, необхідно розуміти що інформаційний вплив на СОС може впливати на діяльність [2]. Тому в якості об'єкта інформаційного впливу на перше місце ставлять людину, яка приймає рішення, її емоції, мотивацію і психіку [1, 4]. Тому, для більш повного аналізу загроз інформаційній безпеці у СОС, доцільно

розглянути загрози інформаційного впливу не тільки на технічні засоби, але й загрози людині, яка існує в інформаційно-психологічному просторі [4, 6].

Для можливості підвищення ефективності управління в СОС необхідно найдоцільніше розуміти, які необхідно зробити кроки для того, щоб підвищити ефективність керування установою.

Дослідження показали, незалежно від існуючих складних систем управління, в кожній системі присутні наступні види управління [3, 5]:

- організаційне управління;
- технологічне управління;
- організаційно-технологічне управління.

Розглянемо детальніше дані види управління.

Організаційне управління це інформаційно-аналітичний процес, рівень ієрархії якого в межах однієї системи управління завжди вищий, ніж в інших, коли орган управління (ОУ) здійснює управління об'єктом управління, що породжує вторинний інформаційний процес управління.

Технологічне управління – інформаційно-аналітичний процес, здійснюваний не лише людьми, а й технічними засобами, спрямований на виконання своїх функцій та обов'язкового обміну для отримання системою управління деякого кінцевого продукту (послуги) за допомогою технічних засобів (або за участю посадових осіб).

Організаційно-технологічне управління це інформаційно-аналітичний процес управління процесом діяльності, під час якого ОУ повинен управляти підлеглими структурними установами. При управлінні зростає інформаційний потік, що ускладнює та приводить до глобалізації управління.

Сутність інформаційно-аналітичних процесів управління розглянемо на прикладі організаційного управління.

Управління працівниками СОС - це динамічний процес, що пов'язаний із використанням великих обсягів різнобічної інформації, яка характеризується постійною зміною параметрів і показників, що відображають зовнішнє і внутрішнє середовище об'єкта управління. Своєчасне виявлення змін, можливість прогнозування й оперативного реагування на них, а також бачення перспективи для прийняття правильних рішень – основна мета управління в СОС.

В даному випадку з точки зору управління організаційної системі є процес складний, від ефективності якого прямо залежить якість діяльності СОС.

Відомо, що основою управління є рішення, яке за будь-яких умов здійснюють відповідні керівники СОС. На основі прийнятого рішення виникає нова, так звана, управляюча інформація, у вигляді команд, сигналів, розпоряджень і наказів, за допомогою яких доводять до підлеглих думки керівництва. Однак поява цієї інформації, а отже, і прийняття рішення, неможливі без вихідної інформації, яка характеризує поставлене завдання (управляючої інформації вищої інстанції), стан об'єктів управління, тобто підпорядкованих установ (відділень), яким це завдання належить виконувати (інформації стану).

Рішення на виконання управлінського рішення є результатом напруженої роботи певної кількості посадових осіб СОС (заступників керівника, директорів департаментів, управлінь і служб), які виробляють своє рішення в межах сфери відповідальності та у вигляді пропозицій доводять вищому керівництву для затвердження. Це також потребує наявності конкретної інформації, яку необхідно добувати,

узагальнювати, систематизувати, аналізувати і передавати зацікавленим структурам.

Управління, як інформаційно-аналітичний процес, включає:

1) аналіз інформації від керівництва, що надійшла від вищого органу управління, і з'ясування загальних завдань системи управління;

2) збирання й аналіз інформації (даних) про стан об'єктів управління та умови їх функціонування:

щодо структури СОС, її можливості, стан та положення відділень (наскільки розвинута та як вирішує поточні завдання та вказівки керівництва), реалізація ними завдання, укомплектованість і матеріальна забезпеченість; наявність і порядок надходження спеціальних; морально-психологічний стан та умови праці;

щодо конкуруючих установ – на якому інформаційному полі знаходяться; положення, стан і характер дій конкурентів; які завдання вирішує; можливості, та інша інформація;

щодо можливості інформаційних загроз – дані про поточний стан, положення, інформаційний простір, різні умови, ступінь впливу, показники загроз; дані про технічні та інформаційні системи та інші фактори;

довідкова інформація.

Все це здійснюється за допомогою різноманітних технічних засобів і систем збирання даних про обстановку, обробкою повідомлень і відомостей від різних джерел та інстанцій, аналізом інформації тощо.

3) переробку інформації і вироблення варіантів дій об'єктів, якими управляють, і способів досягнення мети їх функціонування;

4) прийняття рішень, планування;

5) доведення інформації від керівництва про прийняті рішення і розроблені плани до органів, якими управляють;

6) контроль за виконанням прийнятих рішень і розроблених планів.

Послідовне виконання перерахованих заходів утворює цикл управління, що складається з чотирьох узагальнених процесів роботи органів управління:

збирання й аналізу інформації,

прийняття рішень і розроблення планів,

доведення рішень і планів до виконавців,

контролю за виконанням.

Загальна тривалість повного циклу управління характеризує необхідність своєчасного виконання поставлених завдань.

Збирання й аналіз інформації, а також доведення прийнятих рішень (команд, розпоряджень) до органів управління – це інформаційні процеси, основними вимогами до яких є повне, своєчасна передача і приймання достовірної інформації.

Аналіз та обробка інформації в цих процесах зазвичай обмежуються її узагальненням чи найпростішим перетворенням. Глибше, змістовніше аналізують та обробляють

інформацію на етапі прийняття рішень і розроблення планів – найскладнішого логічного, інформаційно-аналітичного процесу, пов'язаного із прогнозуванням розвитку стану об'єктів управління та умов їх функціонування в ході виконання завдань, що постають перед системою управління. На цьому етапі розглядають різні варіанти планів і способи їх досягнення об'єктами управління, приймають конкретні рішення і розробляють плани їх виконання.

**Висновки.** Аналіз літератури показав, що в СОС необхідно мати стійкий управлінський апарат, який забезпечить функціонально-надійне прийняття рішення в різних умовах, у тому числі і під інформаційним впливом. Це пов'язано з тим, що інформаційні технології в СОС забезпечують вирішення великого кола питань. Так як на сьогоднішній день є можливість автоматизувати всі бізнес-процеси СОС, то інформаційний вплив може привести до критичної зміни діяльності СОС.

Розглянута інформаційна схема процесів управління в СОС є досить спрощеною, але дозволяє дослідити всі процеси що відбуваються в СОС. Так різка зміна умов функціонування системи управління й об'єктів, якими управляють, виникає потреба у вирішенні завдання прогнозування, короткострокового і довгострокового планування варіантів дій

об'єктів управління, побудови всієї системи управління за ієрархічним принципом з чітким розподілом прав і відповідальності за рівнями управління. Крім того, великі обсяги інформації і складність процесів організаційного управління змушують ділити єдину систему і єдиний процес управління СОС на ряд її підсистем з відповідними їм процесами управління, що зазвичай відповідають сформованій організаційній структурі і порядку роботи органів управління СОС. Слід мати на увазі, що практично всі підсистеми управління тісно пов'язані за завданнями, мають загальні цикли і методи управління, користуються узгодженою загальною інформацією.

Таким чином, процес розвитку і вдосконалення органів управління СОС пов'язаний із розвитком і вдосконаленням їх інформаційно-аналітичної діяльності. У сучасних умовах успішна діяльність органів управління установ неможлива без сучасної системи інформаційно-аналітичного забезпечення. Тому створення прикладного механізму врахування інформаційного впливу на СОС потребує наукового підходу та проведення досліджень для забезпечення розвитку стійкої системи управління прийняттям рішень.

### Література

1. *Правове забезпечення інформаційної діяльності в Україні / В. Горобцов, А. Колодюк, Б.Кормич та ін.; ред. І. С. Чиж // Ін-т держави і права ім. В. М. Корецького, – К.: Юридична думка, 2006. – 384 с.*
2. *Бандурка О.М. Основи економічної безпеки / О.М. Бандурка [та ін.]. – Х.: НУВС, 2003. – 236 с.*
3. *Застосування сучасних інформаційних технологій в роботі органів управління / [Вернер І.С., Козаков Ю.І., Рябцев В.В. та ін.]; під заг. ред. О.Ю. Пермякова. – К.: НАОУ, 2006. – 368 с.*
4. *Основы информационной безопасности / С.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мецераков, О.О. Шелупанов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 544 с.*
5. *Щадрин И.П. Подготовка и принятие управленческого решения / Щадрин И.П. – Якутск, 1970. – 123 с.*
6. *Толубко В.Б. Інформаційна боротьба (концептуальні, теоретичні, технологічні аспекти) : монографія / В.Б. Толубко. – К.: НАОУ, 2003. – 315 с.*

### References:

1. *Pravove zabezpechennia informatsiinoi diialnosti v Ukraini / V. Horobtsov, A. Kolodiuk, B.Kormych ta in.; red. I. S. Chyzh // In-t derzhavy i prava im. V. M. Koretskoho, – K.: Yurydychna dumka, 2006. – 384 s.*
2. *Bandurka O.M. Osnovy ekonomichnoi bezpeky / O.M. Bandurka [ta in.]. – Kh.: NUVS, 2003. – 236 s.*
3. *Zastosuvannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii v roboti orhaniv upravlinnia / [Verner I.Ie., Kozakov Yu.I., Riabtsev V.V. ta in.]; pid zah. red. O.Iu. Permiakova. – K.: NAOU, 2006. – 368 s.*
4. *Osnovy ynformatsyonnoi bezopasnosti / Ye.B. Bielov, V.P. Los, R.V. Meshcheriakov, O.O. Shelupanov. – M.: Horiachaia lyniia – Telekom, 2006. – 544 s.*
5. *Shchadryn Y.P. Podhotovka y pryniatye upravlencheskoho resheniya / Shchadryn Y.P. – Yakutsk, 1970. – 123 s.*
6. *Tolubko V.B. Informatsiina borotba (kontseptualni, teoretichni, tekhnolohichni aspekty) : monohrafiia / V.B. Tolubko. – K.: NAOU, 2003. – 315 s.*

## МЕХАНИЗМЫ УЧЕТА ИНФОРМАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Стрюков А.С.

На основе анализа различных источников литературы в работе представлены механизм возможностей по учету информационного влияния в организационных системах при принятии управленческих решений. Кроме этого, рассматриваются особенности и основные этапы процесса управления в сложной организационной системе. Предложенный механизм дает возможность устойчивого управления принятия решений в различных условиях в том числе и под информационным влиянием.

**Ключевые слова:** информационное воздействие, система управления, организационная система, информационная безопасность

## **MECHANISMS OF INCORPORATION INFORMATION INFLUENCE IN MANAGEMENT DECISIONS**

**Striukov A. S.**

On the basis of analysis of various sources of literature in this work the mechanism of possibilities for taking into account information influence in organizational systems in the course of making managerial decisions is presented. In addition, the peculiarities and main stages of the management process in a complex organizational system are considered. The proposed mechanism provides an opportunity for stable decision-making management in various conditions, including under the informational influence.

**Key words:** informational influence, management system, organizational system, information security

## НАШІ АВТОРИ

Баранов Георгій Леонідович	Національний транспортний університет, Україна, м. Київ, доктор технічних наук, професор	Baranov Georgij
Воронов Дмитро Миколайович.	Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, м. Харків, кандидат технічних наук	Voronov Dmytro
Гриб Дмитро Анотолійович	Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, м. Харків, кандидат військових наук, доцент	Grib Dmytro
Добровольський Дмитро Валентинівич	ДП «Антонов», Україна, м.Київ, кандидат технічних наук	Dobrovolsky Dmytro
Єпішев Віталій Петрович	Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна, м. Ужгород, кандидат фізико-математичних наук, доцент	Epishev Vitaly
Жукаускас Сергій Вікторович	Міністерство екології та природних ресурсів України, Україна, м. Київ	Zhukaskas Sergij
Кавац Віталій Віталійович	"Дніпрокосмос" філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, м. Дніпро	Kavats Vitalij
Капустін Євген Іванович	"Дніпрокосмос" філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, м. Дніпро	Kapustin Eugene
Кожухов Олександр Михайлович	Центр прийому спеціальної інформації та контролю навігаційного поля, Україна, Хмельницька обл., Дунаєвський р-н, с. Залісці, кандидат технічних наук	Kozhukhov Oleksandr
Коломітцев Олексій Володимирович	Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, м. Харків, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Заслужений винахідник України	Kolomitsev Oleksij
Комісаренко Олена Сергіївна	Національний транспортний університет, Україна, м. Київ, доктор технічних наук, професор	Komisarenko Olena
Косенко Вікторія Романівна	Державний університет телекомунікацій, Україна, м. Київ, кандидат технічних наук	Kosenko Viktoria
Костенко Ігор Леонидович	Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, м. Харків, кандидат військових наук, старший науковий співробітник	Kostenko Igor
Кудак Віктор Ігорович	Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна, м. Ужгород,	Kudak Viktor
Кулагін Константин Константинович	Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, м. Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник	Kulagin Konstantin
Ларьков Сергій Миколайович	Національний центр управління та випробування космічних засобів, Україна, м. Київ, кандидат технічних наук	Larkov Serhii
Литвинова Наталья Алексеевна	"Дніпрокосмос" філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, м. Дніпро	Litvinova Natalia
Литвишко Тарас Николаевич	"Дніпрокосмос" філія Національного центру управління та випробувань космічних засобів, Україна, м. Дніпро, кандидат технічних наук	Litvishko Taras
Мамчур Юлій Валерійович	Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Україна, здобувач, м. Київ	Mamchur Yulij
Машков Олег Альбертович	Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Україна, м. Київ, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України	Mashkov Oleg

Машков Віктор Альбертович	University J.E.Purkyně, Чехія, м. Усті-над-Лабем, доктор технічних наук, доцент	Mashkov Viktor
Мегельбей В'ячеслав Вікторович	Науковий центр Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Україна, Україна, м. Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник	Megelbey Vyacheslav
Москаленко Сергій Станіславович	Центр контролю космічного простору, Україна, м. Мукачево	Moskalenko Serhii
Мотруніч Іван Іванович	Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна, м. Ужгород, кандидат фізико-математичних наук, доцент	Motrunich Ivan
Найбаур Іван Федорович	Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна, м. Ужгород	Nibauer Ivan
Нос Іван Андрійович	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник	Nos Ivan
Пахольченко Олександр Миколайович	ДП «Антонов», Україна, м.Київ	Pakholchenko Oleksandr
Пашков Дмитро Павлович	Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Україна, м. Київ, доктор технічних наук, професор	Pashkov Dmytro
Піріг Василь Максимович	Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», Україна, м. Ужгород	Perig V. N.
Сергієнко Андрій Іванович	Державний науково-випробувальний центр Збройних Сил України, Чернігів, Україна	Sergienko Andrii
Сметанін Кирил Володимирович	Військовий інститут імені С.П. Корольова, м. Житомир, Україна	Smetanin Kyryl
Стрюков Андрій Сергійович	Київський інститут інтелектуальної власності і права Національного університету "Одеська юридична академія", м. Київ	Striukov Andrii
Сухов Костянтин Петрович	Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, Україна, м. Одеса	Sukhov K. P.
Сухов Петро Петрович	Одеський національний університет імені І.І.Мечникова, Україна, м. Одеса, кандидат фізико-математичних наук	Sukhov P. P.
Філіппенков Олексій Володимирович	Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, кандидат технічних наук	Filippenkov Oleksii
Шевченко Роман Юрійович	Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Україна, м. Київ, кандидат географічних наук	Shevchenko Roman



**АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК**

Баранов Г. Л.	Baranov H.	5	Мамчур Ю. В.	Mamchur Yu.V.	59
Воронов Д. Н.	Voronov D.N.	35	Машков О. А.	Mashkov O. A.	12, 59
Гриб Д. А.	Grib D. A.	35	Машков В. А.	Mashkov V. A.	12
Добровольський Д. В.	Dobrovolsky D. V.	44, 54	Мегельбей В. В.	Megelbey V.V.	38
Епишев В. П.	Epishev V. P.	26	Москаленко С. С.	Moskalenko S. S.	26
Жукаускас С. В.	Zhukaskas S. V.	66	Мотрунич І. І.,	Motrunich I. I.	26
Кавац В. В.	Kavats V. V.	63	Найбауер І. Ф.	Nibauer I. F.	26
Капустин Е. І.	Kapustin E. I.	63	Нос І. А.	Nose I. A.	38
Кожухов О. М.	Kozhukhov O. M.	49	Пахольченко А. Н.	Pakholchenko A. N.	54
Коломійцев О. В.	Kolomiytsev O. V.	38	Пашков Д. П.	Pashkov D. P.	18
Комісаренко О. С.	Komisarenko O. S.	5	Периг В. Н.	Perig V. N.	26
Косенко В. Р.	Kosenko V. R.	12	Сергиєнко А. І.	Sergienko A. I.	54
Костенко І.Л.	Kostenko I. L.	35	Сметанін К. В.	Smetanin K. V.	66
Кудак В. І.	Kudak V. I.	26	Стрюков А.С.	Striukov A. S.	77
Кулагін К. К.	Kulagin K. K.	38	Сухов К. П.	Sukhov K. P.	26
Ларьков С. М.	Lar'kov S. M.	54	Сухов П. П.	Sukhov P. P.	26
Литвинова Н. А.	Litvinova N. A.	63	Філіппенков О. В.	Filippenkov O.V.	38
Литвишко Т. Н.	Litvishko T. N.	63	Шевченко Р. Ю.	Shevchenko R. Yu.	18

**АЕРОКОСМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ****AEROSPACE TECHNOLOGIES**

Науковий журнал

Випуск 2 (02)

Відповідальний за випуск: Мамарев В. М.

Технічний редактор: Мамарев В. М.

Коректор: Литвиненко Ю. В.

Комп'ютерна верстка: Шевченко Р. Ю.

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 22629-12529Р від 24.03.2017 р.

Підписано до друку 15.11.2017

Формат 60×84/8

Папір офсетний

Гарнітура «Times New Roman»

Ум. друк. акр. –

Друк – різнограф

Ціна договірна

Наклад – 150 прим.

Зам.

Адреса редакції: Україна, 01010, м. Київ, вул. Московська, 8, тел.: (044) 281-62-98

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Видруковано в ПП «Рута»

10014, Україна, м. Житомир,

вул. Мала Бердичівська, 17а

Свідоцтво про внесення в Державний реєстр

Серія ДК № 3671 від 14.01.2010