

*В.П. Харченко, О.О. Нахаба  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

### **Комбінована схема навігації, керування транспортним засобом і автопілотування для випробовування нових апаратних і програмних модулів авіоніки та автопілотів**

*У даній доповіді представлена нова комбінована схема навігації, керування транспортним засобом і автопілотування для випробовування нових апаратних і програмних модулів авіоніки та автопілотів, що дозволяє знизити кількість аварій при випробуваннях нових автопілотів та нових літальних апаратів і таким чином підвищити безпеку експериментальних польотів та значно знизити витрати при випробувальних польотах.*

Останні 10 років по всьому Світу багато уваги приділяють розробкам нових апаратних та програмних модулів авіоніки та автопілотування. Завдяки цьому з'явилося багато цікавих продуктів на різних стадіях їх готовності до використання. Є спроби розробляти власні аналоги автопілотів та авіоніки і в Україні. Але цей процес дуже трудомісний, ризикований і затратний, бо нові розробляемі автопілоти не одразу стають придатними до повноцінного безпечного та безаварійного керування літальним апаратом, тому при їх створенні та доопрацюванні трапляється багато аварій, що нажалі супроводжуються або значними uszkodженнями експериментальних літальних апаратів, або їх втратою. У зв'язку із цим виникла реальна необхідність розробки принципово нової комбінованої схеми навігації, керування транспортним засобом (літальним апаратом) і автопілотування для випробовування нових апаратних та програмних модулів авіоніки та автопілотів, що дозволить більш безпечно випробовувати нові апаратні та програмні модулі і при необхідності перемикаючи виконавчі органи літального апарату на інший добре відомий, протестований, добре настроєний основний автопілот.

Найбільш близьким аналогом запропонованого винаходу є система аварійного відключення двигунів, та випуску парашуту [1-2]. Ця система дозволяє у більшості випадків зберегти літальний апарат та мінімізувати втрати пов'язані із аваріями при випробуванні нових автопілотів, але неефективна при випробуванні важких літальних апаратів та полікоптерів із багатьма обертаючимися роторами, то того ж не всюди можна приземлитися на парашуті.

Мета даної роботи - є створення більш досконалої, більш безпечної та менш аварійної комбінованої схеми навігації, керування транспортним засобом і автопілотування для випробовування нових апаратних та програмних модулів авіоніки та автопілотування, що дозволить більш безпечно випробовувати нові апаратні та програмні модулі на експериментальних літальних апаратах.

Поставлена задача вирішується тим, що система автопілотування та керування літальним апаратом складається із 1) добре відомого вже випробуваного основного автопілоту, на котрому вже проведено успішну серію польотів даного літального апарату і проведено усі настройки параметрів

(допустимі швидкості горизонтального та вертикального польоту, допустимі кути нахилу літального апарату за усіма польотними осями (тангажем, креном, ризканням)), проведено калібровку датчиків (акселерометрів, гіроскопів, магнетометрів, барометричного альтиметру), проведено правильну перепрошивку і настройку модулю GPS під даний автопілот, та виставлено оптимальні PID - регулятори реакції автопілоту на різні зовнішні впливи (прискорення, дія вітру та інше), 2) резервного апробованого автопілоту, подібного основному, 3) багатоканального приймача дистанційних сигналів керування літальним апаратом, 4) експериментального автопілоту - тестуємого нового, або невідомого, або розробляємого нового у рамках науково-дослідних робіт автопілоту, можливо неповністю і неправильно настроєного, який тільки встановлено і раніше на даному літальному апараті не випробувано, 5) системи електронної (транзисторної та мікросхемної) багатоканальної комутації входів (ШІМ-входи) виконавчих органів літального апарату (регуляторів ходу електродвигунів, електромагнітних клапанів подачі палива на двигуни внутрішнього згорання, сервомашинок регулювання газу, сервомашинок руху елеронів, рулів висоти, руля напрямку, елевонів, флаперонів та інш.) на виходи (ШІМ-виходи) основного, резервного та експериментального автопілотів.

Дана комбінована схема керування і автопілотування передбачає синхронну паралельну роботу усіх автопілотів (і основного і резервного і експериментального) і автоматичне, або по команді пілота (оператора) переключення входів (ШІМ-входів) виконавчих органів літального апарату на виходи (ШІМ-виходи) того чи іншого автопілоту, якщо є якісь проблеми у роботі експериментального автопілоту - відбувається переключення на основний автопілот, якщо є проблеми із основним автопілотом - відбувається переключення на резервний автопілот.

Запропонована комбінована схема керування і автопілотування складається із 1) добре відомого вже випробуваного основного автопілоту, на котрому вже проведена успішна серія польотів даного літального апарату і проведені усі настройки параметрів (допустимі швидкості горизонтального та вертикального польоту, допустимі кути нахилу літального апарату за усіма польотними осями (тангажем, креном, ризканням), проведена калібровка датчиків (акселерометрів, гіроскопів, магнетометрів, барометричного альтиметру), проведена правильна перепрошивка і настройка модулю GPS під даний автопілот, та виставлені оптимальні PID - регулятори реакції автопілоту на різні зовнішні впливи (прискорення, дія вітру та інше), 2) резервного апробованого автопілоту, подібного основному (це бажано, але необов'язково), 3) багатоканального приймача дистанційних сигналів керування літальним апаратом, 4) експериментального автопілоту - тестуємого нового, або невідомого, або розробляємого нового у рамках науково-дослідних робіт автопілоту, можливо неповністю і неправильно настроєного, який тільки встановлено і раніше на даному літальному апараті не випробовувався, 5) системи електронної (транзисторної та мікросхемної) багатоканальної комутації входів (ШІМ-входи) виконавчих органів літального апарату (регуляторів ходу електродвигунів, електромагнітних клапанів подачі палива на двигуни

внутрішнього згоряння, сервомашинок регулювання газу, сервомашинок руху елеронів, рулів висоти, руля напрямку, елевонів, флаперонів та інш.) на виходи (ШІМ-виходи) основного, резервного та експериментального автопілотів.

Дана комбінована схема навігації керування транспортним засобом і авто пілотування функціонує наступним чином. Перед початком руху (польоту) транспортного засобу вмикаються усі його системи, основний, резервний та експериментальний автопілоти та приймач сигналів радіо керування, що забезпечує синхронну паралельну роботу усіх автопілотів (і основного і резервного і експериментального). Далі починається рух (політ) на експериментальному автопілоті. Якщо під час руху (польоту) виникають якісь проблеми у роботі експериментального автопілоту відбувається переключення на основний автопілот, якщо є проблеми із основним, відбувається переключення на резервний, тобто автоматичне, або по команді пілота (оператора) переключення входів (ШІМ-входів) виконавчих органів літального апарату на виходи (ШІМ-виходи) того чи іншого автопілоту.

**Висновки:** Запропонована комбінована схема керування і автопілотування має наступні переваги: 1. створення більш досконалої, більш безпечної та менш аварійної комбінованої схеми навігації, керування транспортним засобом і автопілотування для випробовування нових апаратних та програмних модулів авіоніки та автопілотів, що дозволить більш безпечно випробовувати нові апаратні та програмні модулі на експериментальних літальних апаратах і при необхідності перемикаати виконавчі органи літального апарату на інший добре відомий, протестований, добре настроєний основний автопілот, або на резервний автопілот; 2. зниження витрат при розробці і випробовуванні нових транспортних засобів (літальних апаратів) та систем їх керування і автопілотування; 3. зниження ризиків травмування людей та пошкодження їх майна при випробовуванні нових транспортних засобів (літальних апаратів) та систем їх керування і авто пілотування; 4. можливість суттєвого збільшення надійності та отказостійкості системи навігації, системи керування транспортним засобом і системи автопілотування за рахунок використання кількох синхронно працюючих автопілотів (основного, резервного та експериментального), та можливості переключення виконавчих органів транспортного засобу (літального апарату) з одного автопілоту на інший, а також переходу на повне ручне керування при відключенні усіх автопілотів від керування виконавчими органами транспортного засобу (літального апарату).

### Список літератури

1. Quadcopter control using an on-board video system with off-board processing. Bošnak Matevž. Matko Drago. Blažič Sašo. Robotics and Autonomous Systems, 60 (4), p.657-667, Apr 2012.
2. Optimization-based iterative learning for precise quadcopter trajectory tracking. Schoellig Angela P. Mueller Fabian L. D'Andrea Raffaello. Autonomous Robots, 33 (1-2), p.103-127, Aug 2012.