

УДК 629.7.07

Г.С. Тимошенко, асп.

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету

Моделювання системи планування завантаження повітряного судна

У статті розглянуто авіаційні події, пов'язані з неправильним завантаженням повітряного судна, проаналізовано існуючі системи завантаження. Визначено вимоги, яким повинна задовольняти система планування завантаження повітряного судна та розроблена нова структурна схема цієї системи **завантаження повітряного судна, передпольотна підготовка, автоматизована система планування завантаження повітряного судна**

Вступ. Забезпечення безпеки, економічності та ефективності є основними принципами діяльності цивільної авіації. Важливою задачею забезпечення безпеки повітряних перевезень є правильне завантаження повітряного судна(ПС)[1]. На основі бази даних авіаційних подій (АП), пов'язаних з питаннями неправильного завантаження та центрування в період з 1970 по 2005 роки виявлено 82 АП, 34 з яких призвели до людських жертв на борту ПС (досліджувалися цивільні ПС зі злітною масою більше 5500кг)[2].

Оскільки перевантажене ПС є виключно небезпечним, та його неправильне завантаження призводить до серйозних АП, метою кожної авіакомпанії є максимально ефективно використання свого парку ПС та отримання більшого доходу, притримуючись при цьому правил безпеки польотів.

Основними обов'язками співробітника із забезпечення польотів (FOO/FD) є: здійснювати допомогу командирі повітряного судна (КПС) в підготовці до польоту та забезпечувати відповідною необхідною інформацією; здійснювати допомогу КПС в підготовці робочого плану польоту та плану для ОПР; за допомогою відповідних засобів забезпечувати КПС в польоті інформацією, яка може бути необхідною для безпечного виконання польоту тощо[3]. Оскільки КПС та FOO/FD несуть спільну відповідальність за передпольотне планування та безпечне виконання польотів, актуальною є задача інформаційної підтримки авіаційного оператора передпольотного інформаційного забезпечення на етапі підготовки та забезпечення польоту.

Аналіз основних досягнень і публікацій. В джерелі [1] розглянуто методи та принципи розрахунку правильної загрузки ПС. В праці Нагорного О.Ф. [4] розглянуто масові та центрувальні характеристики літака, а також вимоги документів, регламентуючих повітряні перевезення, але не враховується вплив зміни моментів інерції на характеристики ПС, як об'єкта керування. В таблиці 1 надається аналіз існуючих систем та засобів завантаження ПС, які використовуються на вітчизняних ПС[5,6,7,8,9,10]. На рисунку 1 представлена схема причинно-наслідкових зв'язків недоліків існуючих систем завантаження ПС.

Таблиця 1 - Аналіз систем завантаження ПС

№п п	Назва засобу/ системи	Опис	Використання
1	2	3	4
1	Система «Центровка»[5]	Використовується для автоматизації функції розрахунку завантаження та центрування	Іл-76, Ту-204,214, Ан-12,22,26, Ан-124,225,Боїнг-737,747,757, А-310, 319, 320, 321, DC-10,8 тощо
2	СВМЦ – система вимірювання маси та центрування ПС[6]	Для визначення зупиночного значення маси та положення центра мас перед вильотом літака, розраховує зміни положення центру мас в польоті та видає необхідну інформацію та системам бортового обладнання	Іл-76, Ту-204,214, Ан-12,22,26, Ан-124,225,Боїнг-737,747,757, А-310, 319, 320, 321, DC-10,8 тощо
3	Ваги авіаційні ДВАЦ-С[7]	Використовуються для визначення маси літака та контролю за центруванням	Іл-76, Ту-204,214, Ан-12,22,26, Ан-124,225,Боїнг-737,747,757, А-310, 319, 320, 321, DC-10,8 тощо
4	Ваги МЕРА-ВТП[8], Ваги платформні «Дельта» та «Став»[9]	Ваги МЕРА-ВТП – для статичного зважування та визначення положення центру мас літальних апаратів Ваги «Дельта» - для зважування упакованих вантажів, піддонів та інших упакованих вантажів до 5 тон Ваги «Став» - для зважування важких вантажів, упакованого металопрокату, контейнерів різної вантажопідйомності	Зважування вантажів в різній тарі і без тари
5	СЗВ[10]	Наповнення та розрахунок СЗВ, вивід на роздрукування (з попереднім переглядом)	Для аеропортів та авіакомпаній
6	WB-Гарантія[11]	Потужна система розрахунку центральних параметрів ПС, оптимізації розподілу завантаження на ПС, підготовки супровідної документації, формування телеграм, ведення БД по ПС та архіву рейсів	Іл-76, Ту-204,214, Ан-12,22,26, Ан-124,225, Боїнг-737,747,757, А-310, 319, 320, 321, DC-10,8 тощо



Рисунок 1 - Причинно-наслідкові зв'язки системи планування ПС

Постановка завдання. Для визначення значущості передпольотної підготовки та впливу неправильного завантаження ПС на безпеку виконання польоту провести аналіз задач передпольотної підготовки КПС та АП, пов'язаних з неправильним завантаженням ПС. Визначити вимоги, яким повинна задовольняти система планування завантаження ПС. Розробити нову структурну схему системи планування завантаження ПС.

Виклад основного матеріалу дослідження. На будь-якому аеродромі, що використовується для виконання міжнародних польотів, персоналу, пов'язаному із виконанням польотів, включаючи льотні екіпажі та служби, відповідальні за передпольотну інформацію, представляється аеронавігаційна інформація, необхідна для забезпечення безпеки, регулярності та ефективності аеронавігації та інформація, що стосується етапів маршрутів, які починаються з даного аеродрому[1]. Декомпозиція задач передпольотної підготовки екіпажа ПС представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Декомпозиція задач, що вирішуються під час аналізу можливості виконання польоту

Задачі, які вирішуються під час аналізу можливості виконання польоту	Підзадачі вирішуваних задач
Аналіз злітної та посадкової маси ПС	Аналіз маси ПС для фактичних умов зльоту
	Аналіз маси ПС для фактичних умов посадки
Аналіз метеорологічних умов(МУ) на аеродромі(АД) вильоту	Аналіз висоти нижньої границі хмарності та дальності видимості на злітно-посадковій смузі (ЗПС)
	Аналіз бічної складової вітру на ЗПС
Аналіз МУ по маршруту	Аналіз присутності небезпечних метеорологічних явищ (НМЯ) по маршруту
Аналіз фактичних МУ по АД призначення	Аналіз фактичної висоти нижньої границі хмарності та дальності видимості на ЗПС
	Аналіз фактичної бокової складової вітру на ЗПС
Аналіз прогнозованих МУ по АД призначення	Аналіз прогнозованої висоти нижньої границі хмарності та дальності видимості на ЗПС
	Аналіз прогнозованої бокової складової вітру на ЗПС
Аналіз наявності прийнятого плану польоту (FPL)	Аналіз інформації від системи IFPS про прийняття (повідомлення ACK) FPL або неприйняття (повідомлення REJ)
Аналіз стану АД вильоту, призначення та повітряної обстановки	Аналіз стану ЗПС та аеродромних засобів АД вильоту
	Аналіз обмежень по маршруту польоту
	Аналіз стану ЗПС та аеродромних засобів АД призначення
Аналіз стану ПС	Аналіз інформації про технічний стан ПС
Аналіз готовності екіпажу ПС (ЕПС)	Аналіз інформації про готовність ЕПС до польоту
Аналіз вибору запасного АД	Аналіз інформації про обраний запасний АД

Однією з важливих задач передпольотної підготовки є правильне завантаження ПС, в аеропортах України ключову роль в передпольотному інформаційному обслуговуванні відіграють брифінг-офіси (відділи передпольотного інформаційного обслуговування в складі служби аеронавігаційної інформації (CAI) та авіаційні метеорологічні служби (MET), основне призначення яких - це забезпечення пілотів інформацією, необхідною для виконання польотів. Проте, кожний експлуатант може використовувати свою систему підготовки до польотів.

За даними сайту «Авіаційних подій, інцидентів та авіаційних катастроф в СРСР та країнах СНД» в період з 2000-2010 рік сталося 90 АП, з яких 16 сталися з причин неправильного завантаження та центрування ПС[12].

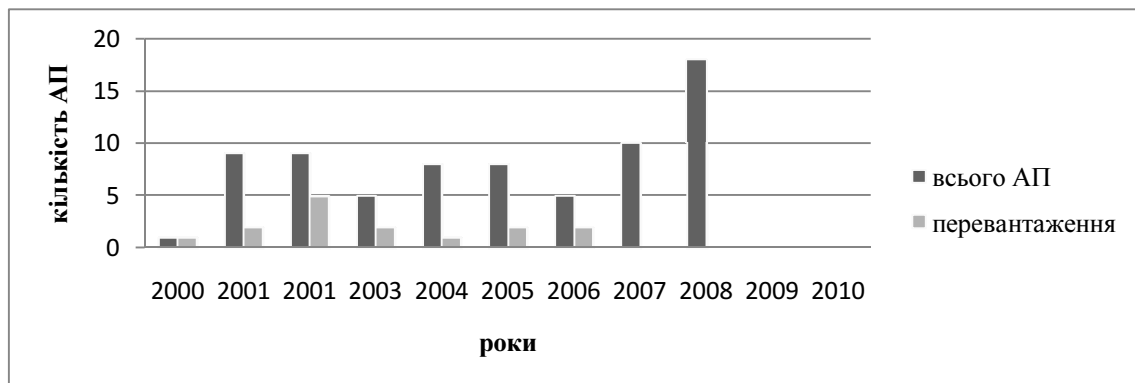


Рисунок 2 – Кількість АП, пов'язаних з перевантаженням ПС за даними сайту «Авіаційних подій, інцидентів і катастроф в СРСР та країнах СНД»

За даними сайту Aviation Safety Network в період з 2000-2009 роки сталося 85 АП, пов'язаних з перевантаженням та зміщенням центру мас ПС.

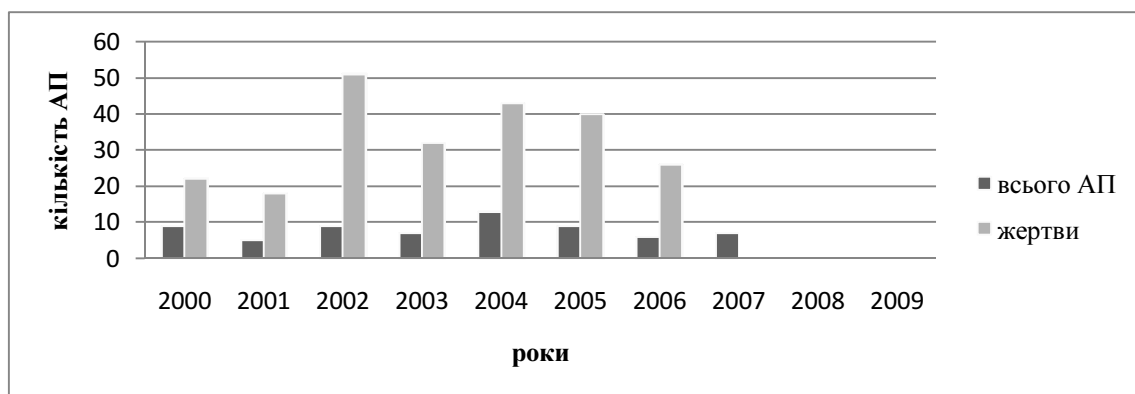


Рисунок 3 – Кількість АП, пов'язаних з перевантаженням ПС за даними сайту Aviation Safety Network

Досліджуючи АП, з'ясувалося, що причиною багатьох з них стала незадовільна передпольотна підготовка, навмисне і усвідомлене порушення екіпажами ПС існуючих авіаційних законів в ході виконання замовлених та чартерних рейсів в регіони Африки, Близького Сходу, Азії(порушення рекомендованих схем польоту та заходу на посадку), перевищення максимальної злітної маси, порушення центрування, польоти на аеродроми, не включені у збірники аеронавігаційної інформації JEPPESEN, та ін.[13]

Для того, щоб виявити яким вимогам повинна задовольняти система планування завантаження ПС, проведено експертне опитування спеціалістів по завантаженню ПС. Також для виявлення впливу завантаження ПС та правильного розміщення вантажів на ньому, на зміни моментів інерції ПС відносно пов'язаної з ним системи координат, розглянуто три літаки різної маси та вантажопідйомності(Ан – 26, Ан – 124, Боїнг- 767-300Т). Використовуючи матеріали джерела[14] розраховано моменти інерції для цих літаків. В нашому дослідженні літаки було замінено на еквівалентні ним циліндри та розраховані для них моменти інерції порожнього та повного циліндру. Використовуючи таблицю орієнтованих значень коефіцієнтів рівнянь бокового руху важкого, середнього та легкого літака для двох режимів польоту[15], визначено, що при збільшенні моменту інерції літака, всі коефіцієнти зменшуються обернено

пропорційно, що призводить до погіршення керованості літака та аварійної ситуації на борту ПС.

За допомогою методу експертного оцінювання визначили критерії, яким повинна задовольняти система планування завантаження ПС. Результати розрахунків представлено в таблиці 3.

Таблиця 3 – Розрахунок коефіцієнтів узгодженості групи експертів щодо вимог до системи планування завантаження ПС

№ пп	Критерій	Позначення	Параметри					
			Думка групи експертів $R_{гр}$	Дисперсія D_i	Середнє квадратичне відхилення σ_i	Коеф. варіації $v_i, \%$	Коеф. конкордації i W	Ваговий коеф. $\alpha, \%$
1	Повнофункціональне виконання завдань прямого призначення, тобто обчислення центрування ПС з урахуванням впливу всіх компонентів службового та комерційного завантаження	w_1	1,9	0,3222	0,56765	29,88		20
2	Наявність у системі засобів (функцій) ефективного контролю всіх параметрів і характеристик завантаження	w_2	2,45	0,91389	0,95598	39,02		18
3	Відповідність вимогам та обмеженням, визначеним для конкретних типів і модифікацій ПС, визначених Посібниками по завантаженню та центруванню ПС	w_3	2,15	1,00278	1,00139	46,58		19
4	Універсальність побудови алгоритмів і баз даних щодо типів ПС	w_4	4,8	0,6222	0,7881	16,43		12
5	Вписування системи в діючу традиційну технологію роботи підприємств галузі	w_5	6,2	1,06667	1,03279	16,66		8
6	Виравнювання вимог та рекомендацій міжнародних стандартів ІАТА/ІКАО в даній області, в т.ч. у частині технології та супровідної документації	w_6	3,9	1,43333	1,19722	30,7		14
7	Обов'язкове пред'явлення системи відповідним літакобудівним корпораціям (ОКБ, АНТК), спільні випробування	w_7	7,2	0,6222	0,7881	10,96		5
8	Наявність розробленого комплексу заходів, що забезпечують промисловий режим функціонування системи для масового користування	w_8	7,4	0,2667	0,5164	6,98		4
							0,8633	100

За для визначення вагомості критеріїв до системи планування завантаження ПС за допомогою вагових коефіцієнтів побудовано систему пріоритетів критеріїв системи планування завантаження ПС (рис.4).

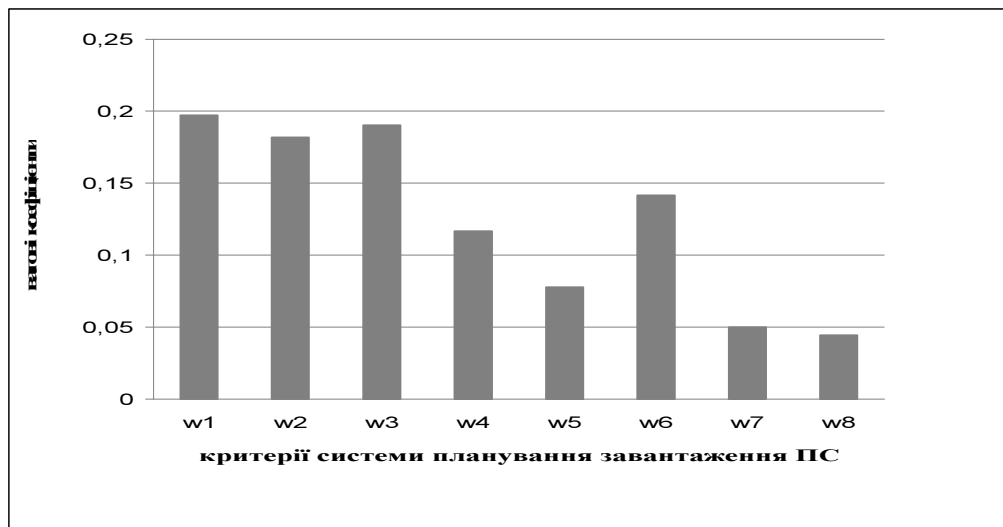


Рисунок 4 – Система пріоритетів критеріїв системи планування та завантаження ПС

Аналіз опитування експертів щодо пріоритетності вимог, які пред'являються до системи планування завантаження ПС показав, всі вимоги повинні бути, безумовно виконані, але при наявності декількох систем з подібними функціями, перевага буде за тою системою, яка буде в межах допустимих похибок визначати параметри завантаження та центрування, а також в якій буде присутня ефективна система контролю цих параметрів.

У сучасних автоматизованих системах керування (АСК) реального часу в типових ситуаціях керування процесом може здійснюватися автоматично, без участі оперативного персоналу. Оперативний персонал здійснює непереривний контроль і активно включається в керування тільки при виникненні проблемних або конфліктних ситуацій. Основне призначення системи підтримки прийняття рішень в АСК реального часу полягає в наданні допомоги оператору при прийнятті рішень у конфліктних ситуаціях. Під конфліктною ситуацією розуміють таку ситуацію, яка виникає в процесі керування, не може бути вирішена без участі оперативного персоналу і пов'язана з необхідністю вибору конкретної альтернативи керування при наявності інформації про стан об'єкта чи системи керування, критеріїв, вирішальних правил а власної системи переваг[16].

Використовуючи узагальнену структурну схему системи підтримки прийняття рішень (СППР)[16], нами була розроблена структурна схема системи планування завантаження ПС, яка враховує критерії завантаження ПС (рис.5).

Основними елементами є база знань (БЗ), банк даних (БД) і блок навчання. БЗ містить моделі розпізнавання вантажу за його маркуванням (RL); розпізнавання запакованого вантажу за його габаритами (RP); формування схеми та порядку його завантаження на борт ПС, враховуючи зміни моментів інерції літака відносно пов'язаної з ним системи координат (LP); врахування вимог до центрування ПС (RC). БД містить інформацію про характеристики та ознаки ситуацій, зокрема про ознаки появи, можливі причини виникнення, важливість, директивний час і т. і. Блок навчання складається із субблоків навчання розпізнавання вантажу (LL), формування порядку

завантаження ПС (LP), формування моделі перевірки завантаження та центрування ПС (LLC).

Система дозволяє визначити порядок розміщення вантажу на ПС, забезпечуючи максимальне наближення маси вантажу до вантажопідйомності літака. А також система враховує умови виконання вимог до центрування, з мінімальним відхиленням моментів інерції літака відносно пов'язаної з ним системи координат.

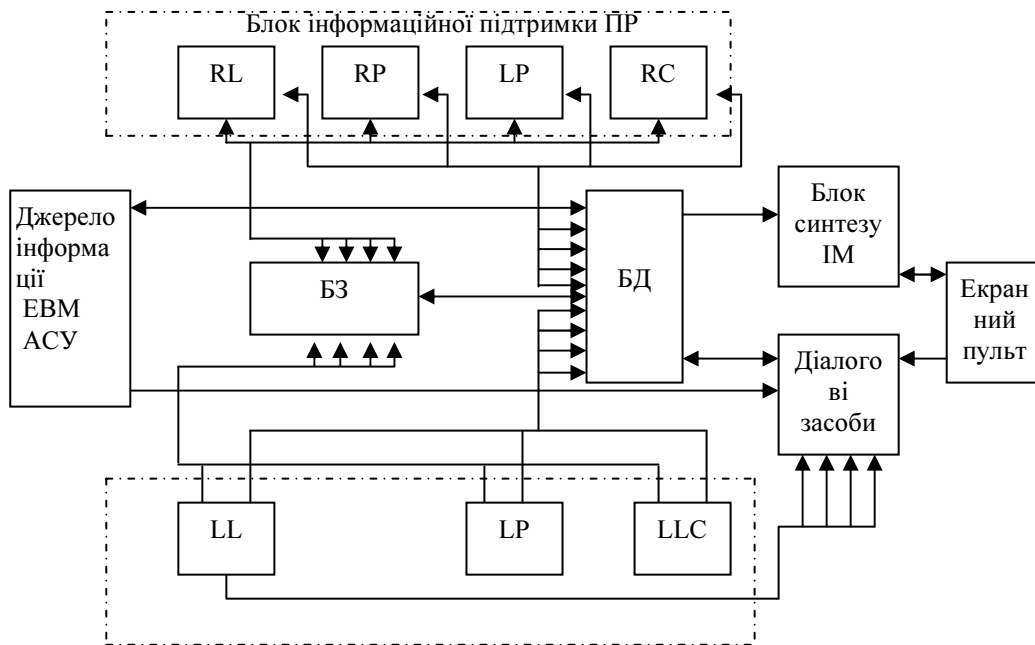


Рисунок 5 – Структурна схема системи планування завантаження ПС

Висновки. Проведено аналіз передпольотної підготовки КПС та АП, пов'язаних з неправильним завантаженням ПС та визначено, що існує потреба в інформаційній підтримці співробітника із забезпечення польотів, шляхом створення системи підтримки прийняття рішень, яка б допомагала правильно розмістити вантаж на борту ПС, враховуючи вимоги до центрування ПС, незмінності моментів інерції відносно пов'язаної з ПС системи координат та правил перевезення вантажів. За допомогою методу експертного оцінювання визначено, що найбільш впливовими критеріями, яким повинна задовольняти система планування завантаження ПС, є: наявність у системі засобів/функцій ефективного контролю всіх параметрів і характеристик завантаження; відповідність вимогам та обмеженням, визначеним для конкретних типів і модифікацій ПС; повнофункціональне виконання завдань прямого призначення, тобто обчислення центрування ПС з урахуванням впливу всіх компонентів службового та комерційного завантаження. Розроблено нову структурну схему системи планування завантаження ПС, яка дозволяє керувати завантаженням літака та відрізняється від відомих урахуванням зміни моментів інерції літака відносно пов'язаної з ним системи координат.

Список літератури

1. Лебедев С.Б. Основы теоретической подготовки диспетчеров по обеспечению полетов: Учебное пособие. / С.Б. Лебедев. – К.: 2005. – 796с.
2. Расследование авиационных происшествий и инцидентов. - Приложение 13 к конвенции о международной гражданской авиации. – Издание 10. - Канада, Монреаль, ICAO, 2010. – 76с.

3. Эксплуатация воздушных судов. Часть 1. Международный коммерческий воздушный транспорт. Самолеты. – Приложение 6 к конвенции о международной гражданской авиации. – Издание 9. – Канада, Монреаль, ИКАО, 2010. – 272с.
4. Нагорный А.Ф. Воздушные перевозки: Учебное пособие./ А.Ф. Нагорный, А.П. Максимов - Кировоград: ГЛАУ, 2006. – 220с.
5. http://www.iatvt.ru/index.cgi?doc=5_2
6. <http://www.arms-expo.ru/049049056048124049049050050056.html>
7. <http://www.diskret.com.ua/vae/vae.html>
8. <http://arviol.ru/index.php?page=szy>
9. http://ww.scaletech.ru/pves/pv_delta/
10. Руководство по загрузке и центровке
11. <http://www.aviaconsulting.ru/index.phtml?H=00010000001000000&i=36>
12. Сайт «Авиационных происшествий, инцидентов и авиационных катастроф в СССР и странах СНГ»
13. Михайлик Н.Ф. Проблема эксплуатации воздушных судов в экстремальных условиях. Постановка задачи. Труды общества исследователей авиационных происшествий (Вып. 16) / Н.Ф. Михайлик, Р.М. Джафарзаде, А.В. Малишевский – М.: Полиграф, 2004. – 416с.
14. Павловський М.А. Теоретична механіка: Підручник./ М.А. Павловський – К.: Техніка, 2002. – 512с.
15. Боднер В.А. Теория автоматического управления полетом. / В.А. Боднер. – М.: Наука, 1964. –700с.
16. Герасимов Б.М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник./ Б.М. Герасимов, В.М. Локазюк, О.Г. Оксіук, О.В. Поморова – К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2007. – 335с.

А.Тимошенко

Моделирование системы планирования загрузки воздушного судна

В статье рассмотрены авиационные происшествия, связанные с неправильной загрузкой воздушного судна. Проанализированы существующие системы загрузки. Определены требования, которым должна удовлетворять система планирования загрузки воздушного судна и представлена структурная схема этой системы.

A.Tymoshenko

Simulation system of planning load of the aircraft

The article deals with accidents related to improper loading of aircraft. Analyzed the existing charging system. The requirements to be satisfied by the system capacity planning of aircraft and is a block diagram of this system.

Одержано 29.03.12