

УДК 629.734.7

А.Ю. Куянов

*Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины, Феодосия*

## РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ТОЧНОСТИ ДЕСАНТИРОВАНИЯ ПАРАШЮТНЫХ ГРУЗОВЫХ СИСТЕМ ЗАПАДНЫХ СТРАН

*Рассмотрены проблемы применения существующих средств десантирования в современных вооруженных конфликтах, проанализированы основные направления работ по повышению их точности. На основе анализа единой системы точного десантирования разработана регрессионная модель оценки изменения точности десантирования вооружения, военной техники и грузов вооруженных сил стран НАТО.*

**Ключевые слова:** *средства десантирования, парашютная грузовая система, единая система точного десантирования.*

### Введение

**Постановка задачи.** Анализ ведения боевых действий в Афганистане и Ираке демонстрирует возрастающую роль доставки вооружения и военной техники (ВВТ) и грузов методом парашютного десантирования. По официальным данным [1] количество тонн ВВТ и грузов, доставленных десантированием в 2009 году по сравнению с 2001 годом увеличилось в 14 раз, с 1000 тонн до 14300 тонн.

Аппроксимация полиномом второй степени для статистики десантирования грузов в Ираке и Афганистане дает следующую зависимость:

$$y=24,146 - 9,035x + 0,882x^2.$$

Коэффициент нелинейной корреляции равен единице.

Полученное уравнение регрессии дает возможность ее экстраполяции на определенный срок в перспективе. Данное уравнение может быть использовано при анализе тенденций дальнейшего развития боевых действий в данных регионах при условии, что интенсивность наращивания сил остается той же, что и на отрезке аппроксимации.

Традиционная тактика Военно-воздушных сил (ВВС) стран НАТО для обеспечения максимальной точности десантирования подразумевает сброс ВВТ и грузов с военно-транспортных летательных аппаратов (ЛА) С-130 и С-17 на малых воздушных скоростях в диапазоне высот от 120 до 300м. При этом используются неуправляемые парашютные грузовые системы (ПГС). Такая методика выполнения десантирования с малых высот подвергает самолет-носитель существенному риску в условиях применения противником ручных противотанковых гранатометов (РПГ) и переносных зенитно-ракетных комплексов (ПЗРК), в горной или пересеченной местности, а также в сложных метеорологических условиях. Боевые действия авиации в Боснии, Косове, и Афганистане продемонстрировали потребность в точном десантировании с больших высот.

Десантирование ВВТ и грузов с высот больше 7000м было бы невозможно без находящихся на вооружении стран НАТО современных средств десантирования – управляемых (УПГС) [2] и единой системы точного десантирования (ЕСТД), которая позволяет десантировать ВВТ и грузы с больших высот.

**Целью работы** является анализ точности единой системы точного десантирования ВВТ и грузов стран НАТО, а так же анализ динамики точности приземления парашютных грузовых систем во времени.

### Основной материал

Повышение высот десантирования при применении неуправляемых парашютов приводит к невозможности обеспечения необходимой точности десантирования, невозможности найти десантируемый груз, повышает вероятность попадания груза противнику.

Для обеспечения необходимой точности десантирования с высот больше 7000м управлением научных исследований ВВС США были произведены работы по повышению точности десантирования людей, ВВТ и грузов, в первую очередь для использования их силами специальных операций (ССО). Например, одним из руководящих документов НАТО [3] определены 10 наиболее важных направлений развития вооружения и военной техники для борьбы с международным терроризмом, одним из которых (пункт 5) является: «Разработка высокоточных парашютных систем и средств десантирования для ССО».

В результате данных работ была разработана, испытана и принята на вооружение ЕСТД.

*Единая система точного десантирования.*

ЕСТД комплекс технических средств и руководящей документации направленных на обеспечение высотного десантирования ВВТ и грузов с военно-транспортных самолетов ВС стран НАТО с высокой точностью приземления в заданном районе.

Точность десантирования – степень удаления точки фактического приземления десантируемого груза от точки цели, выраженная в метрах.

ЕСТД определяет следующие требования [4]:

- десантирование в диапазоне высот относительно среднего уровня моря от 7500 до 10500 м;
- возможность десантирования грузов полетной массой от 200 до 27200 кг;
- точность десантирования не менее 100 м.

ЕСТД ВВТ и грузов включает в себя ЛА-носитель (военно-транспортные самолеты ВВС США: С-130 и С-17), ПГС, систему планирования полетного задания (СППЗ) и непосредственно выполнение высотного десантирования ВВТ и грузов.

ЕСТД первоначально разрабатывалась для использования с УПГС. Впоследствии с помощью ЕСТД была улучшена традиционная методика десантирования ВВТ и грузов с применением неуправляемых ПГС.

ЕСТД на данный момент предназначена для использования со всеми высотными системами десантирования МО США. В протоколе проверки соответствий эксплуатационных характеристик функционирования ЕСТД при десантировании неуправляемых ПГС, произведенной испытательной эскадрией командования воздушных перебросок ВВС США, отмечено, что при использовании СППЗ совместного с неуправляемой ПГС (26 футовая щелевая осесимметричная ПС) было получено 70-ти процентное улучшение точности десантирования с самолета С-17 и 56-ти процентное для С-130. До сих пор поступает много сообщений об улучшении точности высотных десантирований неуправляемых ПГС при применении СППЗ [4, 5].

УПГС подробно рассмотрены в работе [2], отметим что в состав УПГС входит: управляемая парашютная система, блок управления полетом (БУП), бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС), бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ), радиолиния приема и передачи данных (РлПД), парашютно-десантная тара с платформой, обеспечивающие крепление груза с парашютной системой и размещение других элементов. В УПГС в качестве управляемых парашютов могут использовать как не осесимметричные грузовые парашютные системы так и планирующие грузовые парашютные системы.

*Система планирования полетного задания.*

СППЗ – комплекс программных и аппаратных средств, предназначенных для планирования полетных заданий различным видам ПГС. СППЗ состоит из: ударопрочного ноутбука фирмы Panasonic, приспособленного для работы при низком атмосферном давлении, десантируемого зонда (Д-зонд), УВЧ приемника Д-зонда, системы ретрансляции сигналов GPS и сумки для транспортировки [4-6].

Во время предполетного планирования задания, комплект СППЗ устанавливается на самолете носителе или самолете целеуказания десантирования одним специалистом, меньше чем за один час, пред-

полагая, что самолет уже оборудован подфюзеляжной антенной УВЧ и антенной GPS. Существует специальный комплект СППЗ, который не зависит от комплектации БРЭО самолета и может работать полностью автономно, в том числе и энергонезависимо. Комплект состоит из мачты антенны УВЧ для установки на трапе или люке самолета и антенны GPS для установки в иллюминаторе или люке.

Схема функционирования СППЗ изображена на рис. 1. Высокая точность десантирования обеспечивается программой моделирования атмосферы в трехмерном пространстве с учетом рельефа местности - «WindPADS», разработанный фирмой PSI. «WindPADS» сопоставляет четырехмерный метеопрогноз для зоны десантирования (направление и скорость ветра, плотность воздуха, атмосферное давление в зависимости от высоты), топографические данные высокого разрешения, и данные о направлении и скорости ветра, измеренных Д-зондом. Далее производится вычисление трехмерного вектора скорости ветра в пространстве, поле атмосферного давления и плотности воздуха по высотам, учитывая рельеф и особенности ландшафта планируемой зоны десантирования (ЗД) в заданное время.

Метеоданные получены от метеоагентства ВВС США (AFWA). Топографические данные от национального агентства визуальной информации и картографии США (NIMA) [5] см. рис. 1.

В случае невозможности получения данных от Метеоагентства Военно-воздушных сил США или Объединенной сети метеопрогноза Военно-воздушных сил и Армии США используют оперативные метеоданные полученные от Д-зонда, метеорадиозонда запущенного непосредственно из района зоны десантирования, или бортового метеорологического лазерного локатора ИК-диапазона «LIDAR», который в течении 7 секунд производит вычисление вектора скорости ветра по высотам с погрешностью в 1 м/с. Недостатки применения метеорадара «LIDAR»: высокая стоимость; диапазон применения ограничивается облачностью и др. метеоявлениями, так же требуется модернизация для установки на летательном аппарате [4].

Д-зонд является компактным радиозондом массой 1,6 кг, который сбрасывается с военно-транспортного самолета ручным способом. Координаты GPS, переданные СППЗ по УВЧ каналу используются для вычисления вектора скорости в пространстве по высотам. Д-зонд может быть сброшен с другого самолета, в том числе и с реактивного истребителя, прежде, чем летательный аппарат выполняющий десантирование достигнет зоны десантирования. Д-зонд может также быть сброшен с летательного аппарата носителя. После чего самолет вынужден заходить на второй круг для десантирования ПГС, что увеличивает время нахождения самолета в районе зоны десантирования, повышается

вероятность обнаружения самолета носителя и факта совершения десантирования [4].

После моделирования зоны десантирования, используя координаты запланированной точки приземления, характеристики ПГС (тип, полетная масса, аэродинамическое качество, возможность управления), метеоданные, запланированную воздушную и путевую скорость самолета, курс, центровку самолета, высоту сброса груза, СППЗ в трехмерном пространстве моделирует этапы десантирования груза (см. рис. 2): движение груза по рольганговому оборудованию, сброс груза, отделение от летательного аппарата, наполнение вытяжного парашюта, процесс открытия парашютной системы, процесс торможения и снижения ПГС до момента приземления. Вычисляется расчетная точка десантирования (РТД), баллистическая траектория снижения для неуправляемых ПГС и планируемая траектория снижения для УПГС.

РТД – точка из диапазона пространства, в котором оптимальное время необходимо произвести десантирование, чтобы груз с максимальной вероятностью приземлился в заданной точке цели. Кроме этого СППЗ производит вычисление и отображение возможных зон приземления для неудавшихся сбросов при полном и частичном отказе парашютных систем, также проекцию траектории и район где возможно приземления УПГС в случае неуправляемого снижения или других различных отказах. Способность вычислить район аварийного приземления необходима для обеспечения безопасности во время проведения испытаний и демонстрационных показов [4]. СППЗ применяет метод Монте-Карло для вычисления погрешностей всех компонентов системы десантирования, включая погрешность определения атмосферных параметров и вычисления возможной погрешности приземления ПГС.

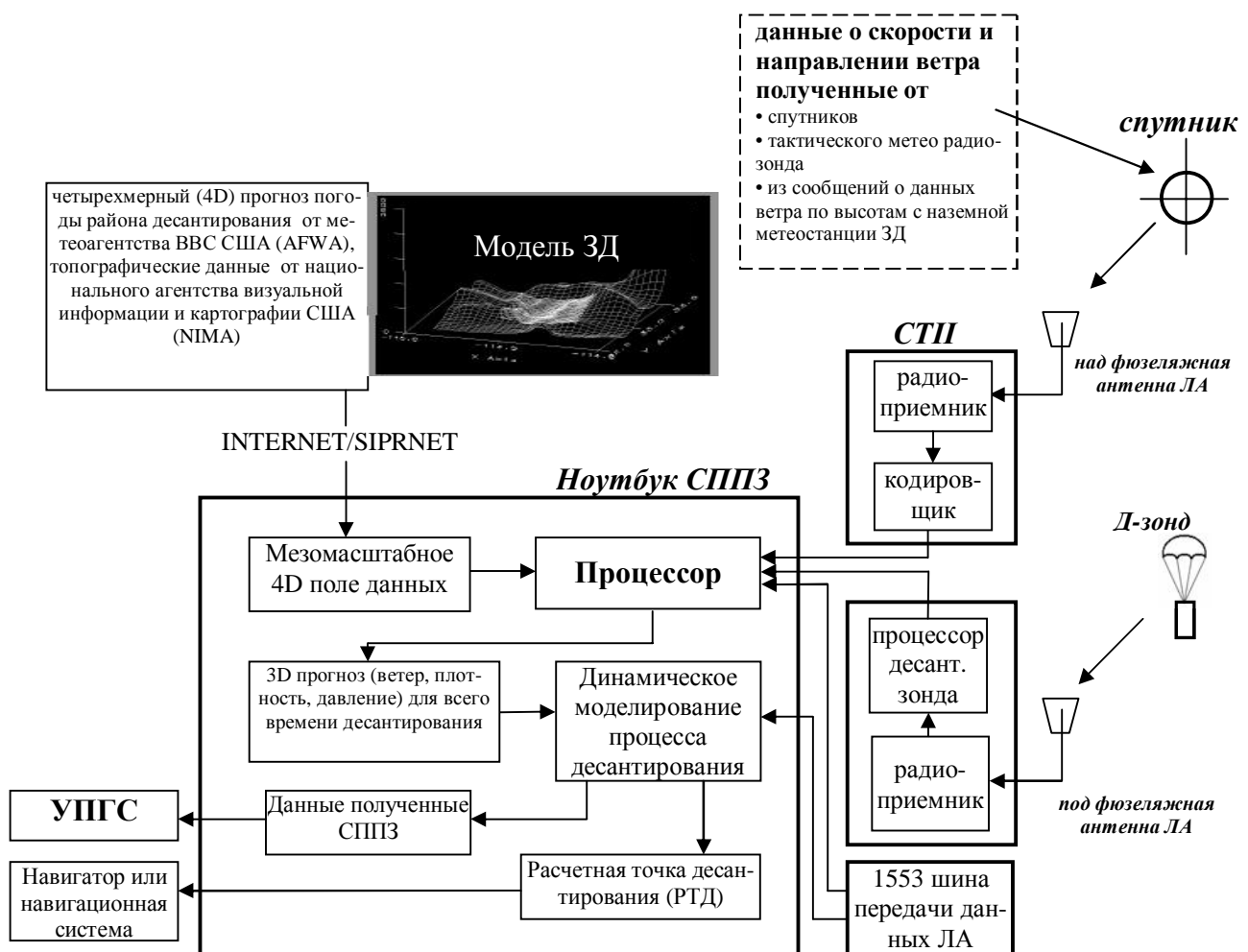


Рис. 1. Схема функционирования СППЗ

Координаты РТД вычисленные во время наземной подготовки или при подлете к зоне десантирования СППЗ передаются летному экипажу для ввода в навигационную систему самолета. Это позволяет экипажу самолета носителя произвести десантирование ПГС в РТД используя стандартную методику десантирования ПГС.

После сброса УПГС с воздушного судна БУП УПГС в полете обрабатывает данные, получаемые в реальном масштабе времени и направляет УПГС по запланированной траектории в запланированную точку приземления. СППЗ предусмотрена возможность изменения полетного задания для уже снижающихся УПГС согласно оперативно полученным данным [7].

СППЗ соединена с военной спутниковой связью МО США - Combat Track II (СТП), которая обеспечивает прием-передачу небольших «электронных писем» с информацией необходимой для планирования полетного задания: оперативный метеопрогноз, новые планируемые пункты приземления для ПГС, команды на выполнение десантирования и т.д. [4].

Простота и удобство работы с СППЗ обеспечивается использованием оверлейной программы отображения карт «FalconView», которая позволяет отображать на топографических картах необходимую информацию: дорожную инфраструктуру, рельеф, позицию войск, необходимую точку приземления, РТД, проекцию траектории полета самолета-носителя, проекцию планируемой траектории снижения ПГС, зону возможного приземления ПГС и т.д.

СППЗ позволяет осуществлять беспроводной ввод полетного задания в БУП УПГС любого типа до загрузки в воздушное судно или вводить его с помощью БРЭО в воздухе. Полетное задание может быть записано на съемный носитель данных. СППЗ предусматривает возможность проведения диагностики БУП УПГС в режиме реального времени и послеполетный анализ работы всех частей и механизмов УПГС и СППЗ [4].

#### Анализ динамики точности приземления ПГС

Во время боевых действий в Афганистане в период с 2005 по 2009 год доля десантируемых грузов с помощью УПГС составила три процента от общего количества десантируемых грузов – больше 883000 тонн ВВТ и грузов. Учитывая высокую стоимость УПГС и ее точностные характеристики, с помощью УПГС десантировались наиболее ценные грузы в самых сложных условиях [1].

Применение УПГС в составе ЕСТД обладает следующими преимуществами [4]:

- возможность десантирования в ночное время и в условиях ограниченной видимости;

- учитывая высокое аэродинамическое качество планирующих парашютов и большую высоту сбрасывания (выше 7 км), при условии немедленного ввода в действие УПГС, возможно десантирование при значительном отдалении от зоны десантирования, что делает ЛА-носитель недостижимым для ПЗРК противника. Как следствие отпадает необходимость дополнительной защиты ЛА-носителя;

- отпадает необходимость защиты достаточно большой площади приземления груза;

- возможность безопасной, быстрой и точной передачи боеприпасов и других грузов непосредственно на ограниченную площадку (по мнению иностранных специалистов в настоящее время обеспечивается точность до 100 м, с вероятностью (коэффициентом надежности) 0,95 (односторонняя доверительная вероятность не определена)) [1];

- возможность скрытой доставки грузов спецподразделениям;

- возможность безопасной, быстрой и точной передачи гуманитарной помощи терпящим бедствие в труднодоступных местах, а также в условиях ведения противником активных боевых действий;

- возможность использования потерпевшим бедствие элементов УПГС, таких как: элементы питания, компьютер и навигационная система;

- отсутствует необходимость управления УПГС квалифицированным оператором, вследствие чего отпадает необходимость в подготовке оператора;

- лучшие характеристики по ограничению скорости ветра, по сравнению с неуправляемыми парашютными системами;

- большая скорость полета существенно сокращает время нахождения в воздухе, соответственно повышается боевая живучесть, уменьшается влияние навигационных ошибок, связанных с изменением направления и скорости ветра.

Таким образом, высокоточные УПГС являются наиболее перспективными и современными средствами десантирования ВВТ и грузов.

Начиная с 2001 года, при спонсировании НАТО, один раз в два года проводится международная конференция по точному десантированию «PACAD» (Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration), в которой участвуют ведущие мировые производители парашютно-десантной техники. Используя отчеты по итогам конференций [6-10] были обобщены результаты десантирований ВВТ и грузов в виде процентного соотношения диапазонов точности приземления (табл. 1). Используя данные, приведенные в табл. 1, были построены графики динамики изменения процентного соотношения точности приземления для диапазонов от 0 до 100м, от 0 до 200м, от 0 до 500м и больше 500м (рис. 2).

Таблица 1

Процентное соотношение диапазонов точности

Процентное соотношение десантирований по диапазонам точности, %											
Диапазон, м	0-50м	50-100м	100-150м	150-200м	200-500м	>500м	0-100м	0-200м	0-500м	>500м	
Год провед.	2001	14	21	14	0	7	43	<b>36</b>	<b>50</b>	<b>57</b>	<b>43</b>
	2003	26	11	11	4	19	30	<b>36</b>	<b>51</b>	<b>70</b>	<b>30</b>
	2005	18	-	28	12	19	23	<b>18</b>	<b>58</b>	<b>77</b>	<b>23</b>
	2007	11	10	13	11	28	27	<b>21</b>	<b>45</b>	<b>73</b>	<b>27</b>
	2009	22	13	13	6	22	25	<b>34</b>	<b>53</b>	<b>75</b>	<b>25</b>

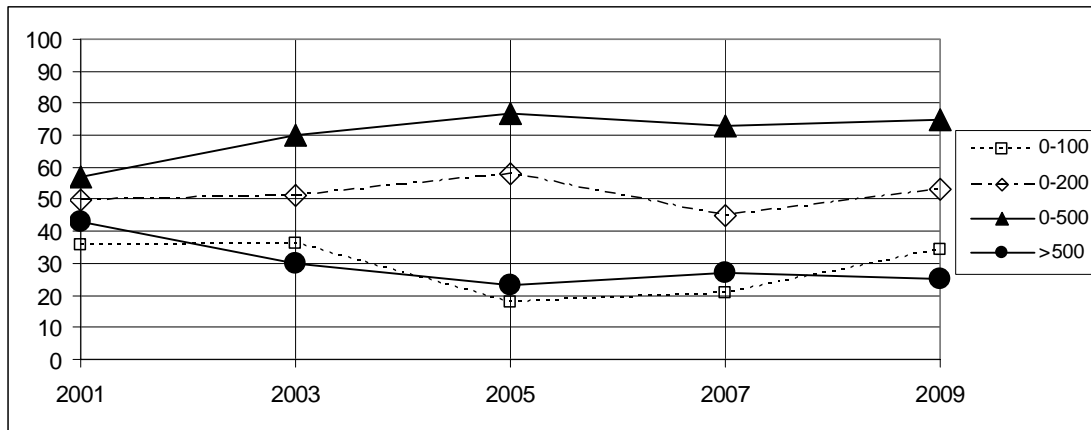


Рис. 2. Динаміка точності приземлення ПГС во времени

Анализ изменения процентного соотношения точности приземления для различных диапазонов свидетельствует о том, что в период с 2001 по 2009 год процентное соотношение точности приземление в диапазонах:

- от 0 до 100м остается практически неизменным на уровне 20%;
- от 0 до 200м остается практически неизменным на уровне 50%;
- от 0 до 500м имеется тенденция к повышению точности с 57% в 2001 до 75% в 2009 году;
- больше 500м имеется тенденция к уменьшению процентного соотношения с 43% в 2001 до 25% в 2009 году.

Обработка статистических материалов (см. табл. 1) с использованием методов регрессионного анализа позволила получить следующие регрессионные модели для описания динамики изменения точности приземления ПГС для следующих диапазонов - L:

1. L=0-100м.

Линейная регрессия  $y=33,75 - 0,95x$ ;

Коэффициент корреляции Пирсона  $\tilde{N} = -0,342$ .

2. L=0-200м.

Линейная регрессия  $y=51,4$ ;

Коэффициент корреляции Пирсона  $\tilde{N} = 0$ .

3. L=0-500м.

Линейная регрессия  $y=60,65+1,95x$ ;

Коэффициент корреляции Пирсона  $\tilde{N} = 0,778$ .

4. L > 500м.

Линейная регрессия  $y=39,35-1,95x$ ;

Коэффициент корреляции Пирсона  $\tilde{N} = -0,778$ .

При дальнейшем анализе точности десантирования ПГС, необходимо принимать во внимание, что данные о процентном соотношении десантирования по диапазонам точности приземления не могут в полной мере отобразить уровень динамики совершенствования тактико-технических характери-

стик средств десантирования ВВТ и грузов по следующим причинам:

- во время конференции демонстрируются системы различного уровня технологической готовности от прототипов десантируемых впервые до серийных систем, принятых на вооружение;
- ПГС десантируются в условиях, когда высота сброса, горизонтальная дальность от РТД до запланированной точки приземления, время задержки введения в действие ПС, метеоусловия и т.д. различны;
- не произведена классификация ПГС;
- приведенная статистика не учитывает полетную массу десантируемых ПГС, тип парашютной системы (управляемая, неуправляемая), аэродинамическое качество ПГС, способ введения в действие ПГС и способ наведения УПГС (автономный или по радиоканалу оператором).

## Выводы

1. Высотное десантирование ВВТ и грузов играет решающую роль при обеспечении ведения боевых действий, когда необходима оперативная и скрытная доставка ВВТ и грузов в труднодоступные районы, куда не может быть осуществлена доставка грузов посадочным способом или наземным транспортом в связи с отсутствием необходимой инфраструктуры, в условиях ведением противником активных боевых действий при использовании ПЗРК, а так же при применении противником методов партизанской войны.

2. В связи с удовлетворительной точностью приземления УПГС, учитывая высокие темпы научно-технического прогресса, тенденцию удешевления комплектующих УПГС, продолжение силами коалиции ведения боевых действий в Афганистане, количество десантируемого ВВТ и грузов с помощью УПГС будут увеличиваться.

3. Анализ диапазонов точности выявил, что тактико-технические характеристики ПГС и УПГС различного уровня технологической готовности

стран НАТО обеспечивают высотное десантирование с точностью приземления до 500м с надежностью 0,7 (доверительная вероятность не определена).

4. Получена регрессионная модель динамики точности приземления ПГС, анализ которой показал следующее:

а) Для интервала точности приземления от 0 до 100м заметно некоторое ухудшение точности ( $b = -0,95$ ) при очень низком значении коэффициента корреляции Пирсона ( $\tilde{N} = -0,342$ ).

б) В интервале точности приземления от 0 до 200м не наблюдается изменений точности во времени ( $b = 0$ ) при значении коэффициента корреляции Пирсона равному нулю ( $C = 0$ ).

в) Для интервала точности приземления от 0 до 500м заметно некоторое улучшение точности ( $b = 1,95$ ) при удовлетворительном значении коэффициента корреляции Пирсона ( $C = 0,778$ ).

г) В интервале точности приземления больше 500м наблюдается улучшение точности приземления ( $b = -1,95$ ) при удовлетворительном значении коэффициента корреляции Пирсона ( $C = -0,778$ ).

Полученная регрессионная модель может быть использована для оценки изменения точности приземления при модернизации УПГС как в Украине так и за рубежом.

### Список литературы

1. *Airdrop Enhanced Logistics Visibility Information System (AELVIS). Project Proposal. Institute For Information Technology, US Air Force Academy, February 2010.*

2. Прокофьев С. Американская парашютная система "Оникс" / С. Прокофьев // *Зарубежное военное обозрение*. – 2007. – №5. – С. 34-37.

3. [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: DAT-5-Ref.: AC/259-D(2004) 0023 Final.

4. AC/323(SCI-125)TP/125 RTO AGARDograph 300 *Flight Test Techniques Series – Volume 24 SCI-125 Precision Airdrop.*

5. Philip Hattis, Kai Angermueller, Thomas Fill, Robert Wright, Richard Benney, and David LeMoine, "An In-Flight Precision Airdrop Planning System," presented at the 23rd Army Science Conference, December 2-5, 2002, Orlando, Florida.

6. Richard Benney, Andy Meloni, Andy Cronk, Robyn Tiaden, «Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration 2007» AIAA paper 2009-2927 presented at the 20th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar 4 - 7 May 2009, Seattle, Washington.

7. Jaclyn McHugh, Richard Benney, Jose Miletti, Paul Mortaloni, «Planning, Execution, and Results of the Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration (2003)», AIAA paper 2005-1680 presented at 18th AIAA Aerodynamic Decelerator Systems Technology Conference and Seminar.

8. «Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration 2001, Final Test Report», DTC Project No.8-ES-065-G12-002, Prepared for: Natick Soldier Center.

9. «Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration 2005, Final Report», Prepared By: US Army RDECOM – Natick Soldier Center.

10. «Precision Airdrop Technology Conference and Demonstration 2009, Final Report», Prepared By: United States Army Research, Development and Engineering Command – Natick Soldier Research, Development and Engineering Center (NSRDEC), April 2010.

Поступила в редколлегию 8.09.2011

Рецензент: к.т.н., доц. Б.Б. Головкин, Государственный научно-испытательный центр Вооруженных Сил Украины, Феодосия.

### РЕГРЕСІЙНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ТОЧНОСТІ ДЕСАНТУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПАРАШУТНИХ СИСТЕМ ЗАХІДНИХ КРАЇН

О.Ю. Куянов

Розглянути проблеми використання існуючих засобів десантування в сучасних військових конфліктах, проаналізовані основні напрямки робіт з покращення їх точності. На основі аналізу єдиної системи точного десантування розроблена регресивна модель оцінки точності десантування озброєння, військової техніки та вантажів збройних сил країн НАТО.

**Ключові слова:** засоби десантування, парашютна вантажна система, єдина система точного десантування

### PRECISION AIRDROP DYNAMICS REGRESSION MODEL OF WESTERN COUNTRIES' PARACHUTE CARGO SYSTEMS

A.Ju. Kuyanov

Application problem of the current airdrop systems in contemporary armed conflicts is considered and basic trends in works on improvement of their precision have been analyzed. Under the analysis of the joint precision airdrop system the regression model of the evaluation of the precision landing time history of weapons, military equipment and cargoes of NATO countries' armed forces has been developed.

**Keywords:** systems of airdrop, parachute cargo system, joint precision airdrop system