

*Әуе қорғанысы күштері Әскери
институтының
ХАБАРШЫСЫ
ғылыми журналы*

*scientific journal
BULLETIN
Military institute
of the Air defense forces*

**№4(20), 2024 ж. желтоқсан
тоқсанына бір рет шығады**



*Меншік иесі: «Әуе қорғанысы күштерінің Әскери институты»
Республикалық мемлекеттік мекемесі*

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігімен мерзімді
баспасөз басылымын есепке қою туралы 2020 жылғы 19 маусымда
№KZ76VPY00024366 куәлігі берілген.

БАС РЕДАКТОР

Тимур Төлегенұлы Еспағанбетов
БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ
т.ғ.к., Сабит Жанболатұлы Куртаев

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА МҮШЕЛЕРІ

т.ғ.д., профессор А.Н. Коптев (академик С.П. Королев атындағы Самара Ұлттық
зерттеу университеті, Ресей Федерациясы, Самара қ.);

т.ғ.д., профессор Н.К. Юрков (Пенза мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы,
Пенза қ.);

ф.-м.ғ.к., профессор Д.М. Сергеев (Т. Бигелдинов атындағы Әуе қорғанысы
күштерінің Әскери институты, Ақтөбе қ.);

т.ғ.к., М.К. Казамбаев (Тұңғыш Президенті – Елбасы атындағы Ұлттық қорғаныс
университеті, Астана қ.);

PhD, О.И. Лыгина (С. Бәйішев атындағы Ақтөбе университеті, Ақтөбе қ.);

PhD, Н.Н. Жантурина (Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті)

***Жарияланған мақалалар редакцияның көзқарасын білдірмеуі мүмкін. Мақала
мазмұнына автордың өзі жауапты. Журнал мақалалары басқа басылымдарда көшіріліп
басылса, «ӘҚК ӘИ хабаршысы» ғылыми журналына сілтеме жасалуы қажет.***

МАЗМҰНЫ

ӘСКЕРИ-ҚОЛДАНБАЛЫ ҒЫЛЫМДАР

А.К.Жекешев Исследование допустимых соотношений мощности несущей и боковых частот при однополосной связи с повышенным уровнем несущей	3
И.Б.Родионов, М.А.Бельгубаев, Д.К.Исабаев Особенности автоматизированной системы управления войсками и оружием Вооруженных Сил Украины	11
К.Т.Даркулов, М.К.Мамбеталиев Изучение особенностей физиологической адаптации курсантов первого курса военного института сил воздушной обороны к условиям воинской службы	16

ӘСКЕРИ ІСТЕРДІҢ ЖАЛПЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ

А.К.Тусупбеков, К.Т.Даркулов, Н.Б.Шукурғалиев Төтенше жағдайлар, соның ішінде су тасқыны кезінде әскерлерді санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету	23
---	----

ЖАҢА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУДІҢ ФИЗИКА-МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ МЕН МОДЕЛЬДЕРІ

А.Б.Кенес, Д.М.Сергеев, А.К.Суликанов Молекулярно-динамическое моделирование процесса разрушения слоистых наноматериалов электромагнитными импульсами	30
Е.Б.Айтболат, Қ.М.Оразхан Исследование коэффициентов взаимной диффузии некоторых углеводородных смесей газов при различных температурах и давлениях	41
А.Ж.Имангазина Ғарыш аппараттарының қозғалысын модельдеу	51

ҚАРУ-ЖАРАҚ ПЕН ӘСКЕРИ ТЕХНИКА

В.В.Удод Планирующие боеприпасы и их аэродинамические и конструктивные особенности	57
Ю.А.Дамаев Применение FPV–дронов в военных конфликтах	70
В.Ю.Чубачук, А.Н.Гониченко Обеспечение полетов беспилотного летательного аппарата	78
А.М.Токтаров, Н.Н.Жетенов, К.Тасбулатов Макет пеленгатора на основе SDR-технологии	85

ӘСКЕРИ ТАРИХ

Б.Б.Садақов, К.К.Алмағамбетов Буыржан Момышулы и его военное искусство	93
---	----

ӘСКЕРИ-ҚОЛДАНБАЛЫ ҒЫЛЫМДАР

УДК 621.396.7

А.К.Жекешев

Военный институт Сил воздушной обороны им.Т.Я.Бегельдинова

Республика Казахстан, город Актөбе

777-aman@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПУСТИМЫХ СООТНОШЕНИЙ МОЩНОСТИ
НЕСУЩЕЙ И БОКОВЫХ ЧАСТОТ ПРИ ОДНОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ
С ПОВЫШЕННЫМ УРОВНЕМ НЕСУЩЕЙ**

Андатпа: Мақалада кездейсоқ сөйлеу сигналында қалыптасқан тасымалдаушы жиілігі мен бір жолақты сигналдың қуат қатынасы негізделеді. Бір жолақты радиотарату – амплитудалық модуляция (АМ) кезінде жиіліктің бір бүйірлік жолағы бар радиотарату. Оның идеясын теориялық тұрғыдан М.В.Шулейкин 1914 жылы негіздеді. Амплитудалық модуляцияланған тербеліс (АМТ) спектрін талдау сөйлеу сигналын беру үшін бір бүйірлік жолақ жеткілікті екенін көрсетті. Алайда, бір жолақты хабар тарату эксперименттік зерттеу кезеңінен үлкен қиындықпен шығып, жарты ғасырдан кейін радиобайланысқа кеңінен ене бастады. Мұндай кешігудің себебі, ең алдымен, оны іс жүзінде жүзеге асырудың қиындығы, әсіресе радио таратқышта бір жолақты сигналды (БЖС) қалыптастыру және тасымалдаушы мен қабылдағыштың гетеродин жиіліктерінің қажетті тұрақтылығын қамтамасыз ету қиындықтарына байланысты болды. Қазіргі уақытта БЖС беру заманауи және сонымен бірге перспективалы болып табылады. Ғылыми және оқу әдебиеттерінде БЖС қалыптастыру процесінде шартты термин - бір жолақты модуляция тарихи түрде бекітілген. Анықтамаға сәйкес бір жолақты радиобағдар беру кезінде жоғарғы немесе төменгі бүйірлік жолаққа сәйкес келетін радиожіілік сигналы қалыптасады және шығарылады. Бұл жағдайда тасымалдаушы сақталуы, әлсіреуі немесе басылуы мүмкін. АМС спектрімен мұндай операциялар жиілік диапазонының Шири екі есе азайтуға және өндірілген қуатты БЖС пайдасына қайта бөлуге мүмкіндік берді. Қолдану жағдайларына байланысты АМК-мен салыстырғанда БЖС сәулеленуіндегі энергетикалық пайда шамамен 8-ден 12-ге дейін ауытқиды. Біріншіден, тасымалдаушы қабылдайтын БЖС анықтау үшін қабылдағышта қажет. Әлсіреген тасымалдаушы (пилот-сигнал) бар БЖС қабылдау кезінде анықтау үшін пилоттық сигналдың өзі немесе ол синхрондаған жергілікті қабылдағыш гетеродинінің тербелісі пайдаланылады. Қабылдағышта толығымен басылған тасымалдаушы болған кезде оның автогенераторы (жергілікті гетеродин) қажет, оның жиілігінің тұрақтылығы қабылданған БЖС басылған тасымалдаушысының тұрақтылығынан кем болмауы керек. Екіншіден, қабылдағыштағы тасымалдаушы жиілігін қалпына келтіру дәлдігіне қойылатын талаптар әртүрлі ақпараттық сигналдар үшін әртүрлі. Сонымен, музыка үшін дәлсіздік (асинхронизм) кезінде 3-10 Гц-те жол берілмейтін бұрмаланулар пайда болады. Сөйлеудің анықтығы 300-400 Гц дейінгі асинхронизмде сақталады.

Түйінді сөздер: Тасымалдаушы, бір жолақты сигнал (БЖС), радиожіілік сигналы, бір жолақты модуляция, бүйірлік жолақ, жиілік диапазонының ені, жиілік тұрақтылығы.

Abstract: The article substantiates the ratio of the power of the carrier frequency and the single-band signal generated on a random speech signal. A single-band radio transmission is a radio transmission with one sideband of frequencies with amplitude modulation (AM). Its idea was theoretically substantiated by M.V.Shuleikin back in 1914. His analysis of the amplitude-modulated oscillation (AMC) spectrum showed that one sideband is enough to transmit a speech signal. However, single-band transmission with great difficulty left the stage of experimental research and began to be widely implemented in radio communications half a century later. The

reason for this delay was primarily the complexity of its practical implementation, especially due to the difficulties of forming a single-band signal (SBS) in a radio transmitter and ensuring the necessary stability of the carrier and receiver heterodyne frequencies. Currently, the transfer of SBS is both modern and promising at the same time. Historically, the conventional term single-band modulation has been fixed for the process of SBS formation in scientific and educational literature. According to the definition, a single-band radio transmission generates and emits a radio frequency signal corresponding to the upper or lower sideband. In this case, the carrier can be preserved, weakened or suppressed. Such operations with the AMC spectrum made it possible to reduce the bandwidth by half and redistribute the generated power in favor of the SBS. The energy gain from the emission of SBS compared to AMC, depending on the conditions of use, ranges from 8 to 12, according to estimates. Firstly, a carrier is needed in the receiver to detect the received SBS. When receiving an SBS with a weakened carrier (pilot signal), the pilot signal itself or the oscillations of the local receiver heterodyne synchronized by it are used for detection. With a completely suppressed carrier, the receiver needs its own autogenerator (local heterodyne), the frequency stability of which should be no worse than the stability of the suppressed carrier of the received SBS. Secondly, the accuracy requirements for restoring the carrier frequency in the receiver are different for different information signals. So, for music, even with inaccuracy (asynchronism) at 3-10 Hz, unacceptable distortions occur. Speech intelligibility is maintained with asynchronism up to 300-400 Hz.

Key words: Carrier, single-band signal (SBS), radio frequency signal, single-band modulation, sideband, bandwidth, frequency stability.

Аннотация: В статье произведено обоснование соотношения мощности несущей частоты и однополосного сигнала, сформированного на случайном речевом сигнале. Однополосной радиопередачей называется радиопередача с одной боковой полосой частот при амплитудной модуляции (АМ). Идея ее была теоретически обоснована М.В.Шулейкиным еще в 1914 г. Проведенный им анализ спектра амплитудно-модулированного колебания (АМК) показал, что для передачи речевого сигнала достаточно одной боковой полосы. Однако однополосная передача с большим трудом вышла из этапа экспериментальных исследований и начала широко внедряться в радиосвязи полвека спустя. Причиной такого запаздывания явилась в первую очередь сложность практического осуществления ее, особенно из-за трудностей формирования однополосного сигнала (ОПС) в радиопередатчике и обеспечения необходимой стабильности частот несущей и гетеродина приемника. В настоящее время передача ОПС является и современной, и одновременно перспективной. За процессом формирования ОПС в научной и учебной литературе исторически закрепился условный термин – однополосная модуляция. В соответствии с определением при однополосной радиопередаче формируется и излучается радиочастотный сигнал, соответствующий верхней или нижней боковой полосе. Несущая при этом может быть сохранена, ослаблена или подавлена. Такие операции со спектром АМК позволили уменьшить ширину полосы частот в два раза и перераспределить генерируемую мощность в пользу ОПС. Энергетический выигрыш при излучении ОПС по сравнению с АМК в зависимости от условий применения колеблется по оценкам от 8 до 12. Во-первых, несущая необходима в приемнике для детектирования принимаемого ОПС. При приеме ОПС с ослабленной несущей (пилот-сигналом) для детектирования используются сам пилот-сигнал или колебания синхронизированного им местного гетеродина приемника. При полностью подавленной несущей в приемнике необходим свой автогенератор (местный гетеродин), стабильность частоты которого должна быть не хуже стабильности подавленной несущей принимаемого ОПС. Во-вторых, требования к точности восстановления частоты несущей в приемнике различны для различных информационных сигналов. Так, для

музыки уже при неточности (асинхронизме) в 3–10 Гц возникают недопустимые искажения. Разборчивость речи сохраняется при асинхронизме до 300–400 Гц.

Ключевые слова: Несущая, однополосный сигнал (ОПС), радиочастотный сигнал, однополосная модуляция, боковая полоса, ширина полосы частот, стабильность частоты

Введение

Наиболее эффективным методом повышения помехоустойчивости и надежности КВ радиосвязи является метод однополосной модуляции. Для самолетных радиостанций тоже более приемлемы ОПС с пилот-сигналом, поскольку асинхронизм с учетом эффекта Доплера может быть больше 400 Гц и тогда ОПС с подавленной несущей не обеспечит надежной передачи речевой информации. Пилот-сигналы используются как для детектирования ОПС, так и для автоподстройки частоты местного гетеродина приемника ОПС. Относительная нестабильность частоты пилот-сигналов передатчиков ОПС КВ радиостанций – не более $(0,5 - 1)10^{-7}$.

Теперь о трудностях формирования ОПС. Они заключаются в схемном и конструктивном обеспечении надежного подавления ненужной боковой полосы и побочных колебаний комбинационных частот, возникающих рядом со спектром ОПС. Нормы на степень подавления достаточно жесткие. Так, мощность остаточных колебаний подавленной боковой полосы в передатчиках средней мощности должна быть на 40–60 дБ меньше средней мощности ОПС.

Одним из препятствий для его широкого внедрения являлось довольно высокое требование к стабильности частоты радиопередатчиков и гетеродинов радиоприемников, а также необходимость применения высокоизбирательных фильтров для подавления нежелательных компонент сигнала. Как было сказано выше, идея однополосной радиопередачи предполагала выделение ОПС из спектра АМК с помощью фильтров, но фильтры оказались малопригодными для реализации идеи. Впоследствии требуемые полосовые фильтры (кварцевые, электромеханические) были созданы. Они нашли применение в первую очередь в схемной реализации метода формирования ОПС, получившего название фильтрового или многократной модуляции с фильтрацией (преобразования с фильтрацией).

Благодаря усилиям именитых ученых – Момота Е.Г., Сифорова В.И., Семенова А.М., Лобанова И.В., Верзунова М.В., Анисимова А.Г. и др., в этом направлении достигнут значительный прогресс. Процесс перехода от связи АМ колебаниями к однополосной радиосвязи не может быть быстротечным ввиду большого комплекса работ, который необходимо выполнить при замене АМ радиооборудования однополосным.

Однако можно реализовать целый ряд преимуществ, заключенных в однополосной связи на существующих АМ системах, путем их незначительной модернизации. Такую возможность дает метод однополосной радиосвязи с повышенным уровнем несущей (повышенный уровень относительно остатка несущей, используемый для синхронизации гетеродина при приеме сигнала ОБП).

Большая проведенная экспериментальная работа по применению радиосвязи на ОБП с повышенным уровнем несущей для целей самолетной радиотелефонной связи показала ее высокую эффективность, особенно в условиях сильных помех [1].

Метод исследования

Без учета семантических связей между словом и слогами однополосный сигнал, сформированный на случайном речевом сигнале, также будет случайным.

Результирующий вектор, описывающий огибающую однополосного сигнала, сформированного на аналогах речевого сигнала, можно рассматривать как сумму из n

векторов с заданной функцией распределения $W(r, \varphi)$ амплитуд $r_i = \sqrt{(\varepsilon_i)^2 + (\eta_i)^2}$ и фаз $\varphi_i = \arctg \frac{\varepsilon_i}{\eta_i}$, где ε_i, η_i – координаты на плоскости (ε, η) , а $(i = 1, 2, 3, \dots, n)$.

Если предположить, что распределение плотности вероятности амплитуды результирующего вектора r зависит только от модулирующего фактора и равно $W(n)$ для любого из мгновенных значений огибающей, а фазы отдельных составляющих равновероятны и не зависят от амплитуд, то распределение плотности вероятности огибающей ОБП будет релеевским.

Действительно, отождествляя каждое из мгновенных значений элементарного вектора, длина которого равна $r_i = \sqrt{(\varepsilon_i)^2 + (\eta_i)^2}$, а направление равновероятно и, используя преобразование случайных декартовых координат $W(r, \varphi)$ в полярные $W_2(y, \varphi)$;

$$W(y, \varphi) = yW_2(\varepsilon, \eta) = yW_2(y \cos \varphi, y \sin \varphi), \quad (1)$$

где $y > 0, 0 \leq \varphi \leq 2\pi$,

найдем

$$W_2(y, \varphi) = \frac{1}{2\pi} W(r) = rW(\varepsilon, \eta). \quad (2)$$

Из (2) методом характеристических функций определяем одномерную функцию распределения плотности вероятности нормированного результирующего вектора $y = \frac{r}{\sqrt{m_2 n}}$, когда число элементарных составляющих велико:

$$W_{1n}(y) = ye^{-\frac{y^2}{2}} \left\{ 1 + \frac{1}{16n} \left(\frac{m_4}{m_2^2} - 2[y^4 - 8(y^2 - 1)] \right) \right\}, \quad (3)$$

где m_2, m_4 – моменты второго и четвертого порядка.

Для релеевского закона $m_4 = 2m_2^2$ поэтому поправка в (3), зависящая от n , обращается в этом случае в нуль. Выражение (3) можно записать в виде

$$W_{1n}(y) = y \exp\left(-\frac{y^2}{2}\right) \quad (4)$$

Для подтверждения достоверности (4) и количественной оценки моментов этого распределения, необходимых для определения рекомендуемых соотношений $\frac{P_{обп}}{P_n}$, были исследованы осциллограммы однополосного сигнала с выхода блока ОБП. Модулирующий сигнал, на котором формировалась бы ОБП, был представлен аналогом речевого сигнала. Оценка огибающей производилась путем замера мгновенных значений сигнала с последующим нормированием всех значений по максимальному уровню $\frac{x_i}{x_{i \max}}$.

Математическое ожидание m_z , определенное как среднеарифметическое суммы нормированных значений амплитуд $m_z = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$, оказалось равным $m_z = 0,44$, а соответственно дисперсия и среднеквадратичное отклонение $\sigma_z^2 = 0,09, \sigma_z = 0,3$.

Для экспериментальной проверки закона распределения (4) вся область случайных значений амплитуд была разбита на 10 разрядов. Между соседними n_i разрядами устанавливался интервал относительных значений $\frac{x_i}{x_{i \max}}$, равный 0,5.

Распределение частот случайных нормированных амплитуд по разрядам приведены в первой графе таблицы 1.

По этим данным были подсчитаны относительные частоты повторения $\frac{x_i}{x_{i \max}}$, принадлежащие одному разряду. Результаты подсчетов приведены в третьей графе таблицы 1.

Относительную накопленную частоту определяли по формуле

$$\frac{1}{N_{\text{изм}}} n_i + \frac{1}{N_{\text{изм}}} n_{i+1} + \frac{1}{N_{\text{изм}}} n_{i+2} \dots \frac{1}{N_{\text{изм}}} n_{i+k}$$

где N_i – общее количество измерений;

n_i – относительная частота повторения i -того разряда.

Данные расчетных значений относительных накопленных частот помещены в четвертой графе таблицы 1.

В пятой графе приведены теоретические значения интегральной функции распределения Релея

$$P(y) = \int_0^r y e^{-\frac{y^2}{2}} dy = 1 - e^{-\frac{y^2}{2}} = 1 - e^{-\frac{1}{2}(\frac{r}{0,3})^2} \quad (5)$$

Таблица 1

Данные расчетных значений относительных накопленных частот

Значение относительных уровней	Частота	Относительная частота	Накопленная относительная частота	Вероятность распределения Релея
0,05	100	0,018	0,018	0,017
0,10	200	0,037	0,055	0,055
0,20	900	0,167	0,222	0,205
0,30	1100	0,204	0,426	0,395
0,40	900	0,167	0,593	0,587
0,50	700	0,129	0,722	0,748
0,60	600	0,111	0,833	0,855
0,70	500	0,092	0,925	0,934
0,80	200	0,037	0,962	0,993
0,90	100	0,018	0,980	0,998

В качестве оценки меры правдоподобия выдвинутой гипотезы о характере закона распределения в работе принят «критерий согласия» А.Н.Колмогорова [2].

Результаты и обсуждения

Как известно, в качестве меры расхождения между теоретическим и статистическим распределениями при этом критерии рассматривается максимальное значение модуля разности между статистической функцией распределения $P^*(y)$ и соответствующей теоретической функцией распределения $P(y)$:

$$D = \max [P^*(y) - P(y)].$$

В работе показано, что при любой функции распределения $P(y)$ непрерывной случайной величины y при неограниченном возрастании числа независимых наблюдений n вероятность неравенства $D\sqrt{n} \geq \lambda$ стремится к пределу

$$P(\lambda) = 1 - \sum_{k=-\infty}^{\infty} (-1)^k e^{-2k^2 \lambda^2}$$

где k – число степеней свободы на единицу меньше числа разрядов n_i .

Из таблицы 1 следует, что наибольшая разность между $P^*(y)$ и $P(y)$ равна

$$D = \max [P^*(y) - P(y)] = 0,031,$$

тогда $\lambda = 0,713$.

Этому значению соответствует $P(\lambda) = 0,7$, которое является вероятностью того, что вследствие чисто случайных причин максимальное расхождение между $P^*(y)$ и $P(y)$ будет не меньше, чем фактически наблюденное. В данном случае эта вероятность сравнительно большая. Следовательно, гипотеза о законе распределения плотностей вероятностей огибающей однополосного сигнала по закону Релея является правдоподобной.

Для оценки допустимых значений соотношений напряжений (мощностей) несущих и боковых частот было произведено преобразование (5) к удобному для инженерных расчетов виду. С этой целью в (5) был введен множитель c^2 , представляющий собой отношение установочных (пиковых) мощностей радиопередатчиков.

Физически интегральный закон распределения Релея (5) является вероятностью попадания конца суммарного радиуса-вектора боковых частот однополосного сигнала r в круг радиуса R . Здесь R численно равен нормированной к единице амплитуде несущей.

Экспериментально величина $r_{cp} = m_z = 0,44$ была найдена при условии $\frac{r_{max}}{R}$ или $\frac{U_{обп max}}{U_n} = 1$.

Естественно, что при $\frac{U_{обп max}}{U_n} < 1$, вероятность $P(r < P)$ или будет определяться не только статистическими параметрами m_z и σ_z , но и множителем c^2 (или c для напряжений), характеризующим положение $r_{cp} = \frac{m_z}{c}$ в каждом случае, когда

$$\frac{P_{обп max}}{P_n} < 1 \quad (6)$$

Тогда с учетом (6) нормированное значение r будет равно

$$y = \frac{r_{cp}}{\sigma_z} = \frac{m_z}{c \sigma_z}$$

а интегральный закон Релея будет описываться выражением.

$$P(y) = 1 - e^{-\frac{y^2}{2}} = 1 - e^{-\frac{m_z^2}{2c^2 \sigma_z^2}} \quad (7)$$

Решая (7) относительно c^2 , после преобразований получим

$$c^2 = \frac{m_z^2}{\sigma_z^2} 2 \ln \frac{1}{1 - P(y)} \quad (8)$$

Задаваясь вероятностью $P(y)$ непревышения боковыми частотами ОБП несущей и подставив экспериментальные статистики $m_z = 0,44$ и $\sigma_z = 0,3$, получим значение c^2 для выбора соотношения мощности несущей и боковых частот.

График зависимости $c^2 = f[P(y)]$, построенный по (8), приведен на рис.1.

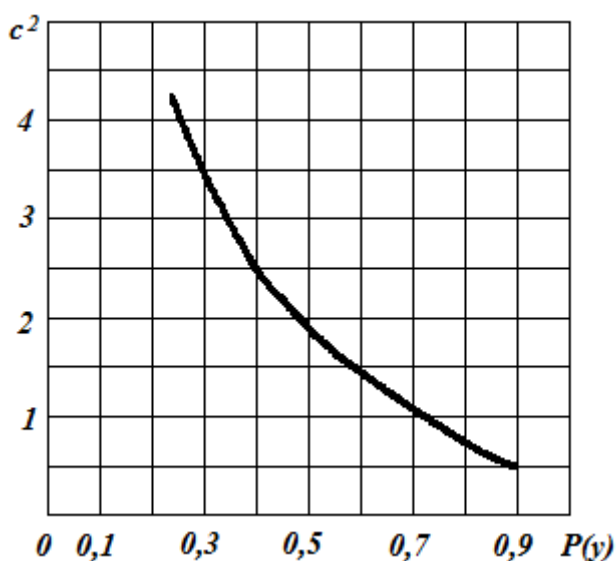


Рисунок 1. График зависимости мощности несущей и боковых частот

Нелинейные искажения в наибольшей степени проявляются при условии $U_{обп\ max} > U_n$, так как в этом случае роль несущей начинают выполнять наиболее мощные составляющие спектра ОБП и искажения сигнала при детектировании (демодуляции) будут максимальными. Поэтому критерием для выбора соотношений $\frac{P_{обп\ max}}{P_n}$ принята вероятность $P(y) = P(U_{обп} < U_n) = 0,9$.

При этой вероятности $P(y)$ из графика рис.1 следует, что $c^2 = \frac{P_{обп\ max}}{P_n} = 0,5$. [3].

Полученное на основе теоретических и экспериментальных исследований случайных уровней (огнбающей) однополосного сигнала равенство (8) дает возможность выбрать допустимые соотношения мощности несущей и боковых частот и с любой степенью вероятности контролировать выполнение условия $U_{обп\ max} < U_n$, при осуществлении однополосной связи с повышенным уровнем несущей.

Наиболее надежное подавление ненужной боковой (более чем на 60 дБ) обеспечивает только фильтровый метод, остальные – менее 40 дБ [3].

Заключение

При приеме речевых сообщений требования к точности восстановления несущей определяются особенностями человеческого слуха и зависят от необходимого качества воспроизведения речи. Наибольшая неточность восстановления частоты несущей при приёме на фоне шума составляет порядка 100 Гц при хорошем качестве связи. При ведении связи с быстро перемещающимися объектами требования к стабильности частоты передатчика и приемника повышаются, так как заметное влияние на допустимую суммарную нестабильность частоты оказывает эффект Доплера.

Вторая особенность приема ОМ-радиосигналов связана с построением схем автоматической регулировкой усиления (АРУ). Если в системе связи осуществляется передача несущей, то ее уровень зависит от условий распространения сигналов и не зависит от громкости речи, поэтому несущая может быть использована в контуре АРУ. В системах

связи с подавленной несущей АРУ реализуется с использованием выделенных речевых сигналов. Уровень речевого сигнала зависит как от условий распространения, так и от громкости речи. Влияние громкости можно снизить увеличением постоянной времени АРУ, но при этом не будут обрабатываться быстрые замирания, что может привести к снижению качества приема передаваемых сообщений.

Широкое внедрение однополосной радиопередачи в практику было обеспечено созданием высокостабильных кварцевых генераторов, электромеханических и кварцевых полосовых фильтров.

Выше было уже отмечено, что операция однополосной модуляции по существу является операцией переноса спектра исходного модулирующего сигнала (то же однополосного, но с нулевой несущей частотой) на другой частотный уровень. Для выполнения этой операции могут использоваться как аналоговые устройства (описанный выше ОМ с БМ и полосовым фильтром), так и устройства цифровой обработки сигналов. Применение цифровых устройств, в частности однополосных модуляторов, базируется на хорошо развитой теории и богатой элементной базе.

В устройствах цифровой обработки сигналов аналоговый сигнал предварительно переводится в цифровую форму (цифровой сигнал) с помощью АЦП, подвергается обработке и затем с помощью ЦАП результирующему сигналу возвращается аналоговая форма [4].

Список использованных источников

1. Садовомский А.С. Приемо-передающие радиоустройства и системы связи: учебное пособие для студентов. – Ульяновск: УлГТУ, 2007.
2. Романюк В.А. Аналоговые устройства приемоопередатчиков. – М.: СОЛОН-Пресс, 2019.
3. Шахгильдян В.В., Козырев Б.В., Ляховский А.А и др. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / под ред. Шахгильдяна В.В. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2003.
4. Силяков В.А., Красюк В.Н. Системы авиационной радиосвязи: Учеб. пособие / Под ред. В.А. Силякова. – СПб ГУАП. СПб, 2004.

УДК 623.618

И.Б. Родионов¹, М.А. Бельгубаев², Д.К. Исабаев²

¹Главное разведывательное управление Вооруженных Сил,

²Национальный университет обороны

Республика Казахстан, город Астана

rew112023@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ И ОРУЖИЕМ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ УКРАИНЫ

Андатпа: Жоғары технологиялар саласындағы қарқынды прогресс және онымен қатар оперативтік өнердің дамуы әскерлер мен қару-жаракты басқару жүйелерін жетілдіруді ынталандырады. Украина аумағындағы ұрыс қимылдарында көріп тұрғанымыз, бүгінгі күні әскерлерді басқару және басқару үшін қабылданған басқару құралдары ғана емес, сонымен қатар жауынгерлік басқаруды тиімді ұйымдастыруға мүмкіндік беретін қазіргі уақыттағы қол жетімді барлық құралдар сәтті қолданылуда. Украина қарулы күштері НАТО-ның көмегімен әскерлер мен қару-жаракты автоматтандырылған басқару жүйесін C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – қолбасшылық, басқару, байланыс, компьютерлер, бақылау және барлау) принципіне негізделген. Бұл Украина қарулы күштеріне әскерлерді басқару мен басқарудың, мақсатты белгілеу деректерін анықтаудың, атыс және ұшыру тапсырмаларын анықтаудың, нақты уақыт режимінде жабық байланыс арналары арқылы бағыттарды анықтаудың жаңа жоғары сапалы мүмкіндіктеріне ауысуға мүмкіндік береді. Мақалада Украинаның Қарулы Күштерін жауынгерлік іс-қимылдарында басқаруды ұйымдастыру тәжірибесі негізінде оның әскерлер мен қаруды басқару жүйелерінің құрылысы мен жұмыс істеу ерекшеліктері ашылады. Украина Қарулы Күштерінің әскерлері мен қаруын басқарудың жұмыс істеп тұрған жүйелері туралы ашық дереккөздердегі ақпаратты талдау негізінде олардың құрылымы мен жұмыс істеу принциптері, сондай-ақ әскерлер мен қаруды басқару үшін қолданылатын байланыс пен автоматтандырудың техникалық құралдары анықталды. Жүргізілген жедел-тактикалық есептеулердің нәтижелерін ескере отырып, радиоэлектрондық барлау құралдарын басқарудың осындай жүйелерін ашу тұрғысынан проблемалық мәселелер тұжырымдалды. Әскерлер мен қаруды басқару жүйесін дамытудың перспективалық бағыттары анықталды.

Түйін сөздер: Әскерлер мен қару-жарағын басқару жүйесі, барлау және байланыс құралдары.

Abstract: Rapid progress in the field of high technology, and in combination with it the development of operational art, stimulate the improvement of command and control systems for troops and weapons. The fighting on the territory of Ukraine clearly demonstrates that today, not only those controls that have been adopted are successfully used to control troops, but all the means that make it possible to effectively organize combat control and are available at the moment. The Armed Forces of Ukraine, with the assistance of NATO, has successfully implemented C2 of troops and weapons, built on the principle of C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance - command, control, communications, computers, intelligence, surveillance and reconnaissance). This allowed the Armed Forces of Ukraine to switch to new high-quality capabilities for managing troops, determining target designation data, setting fire and launch tasks, determining routes in real time via closed communication channels. Based on the experience of organizing the management of the armed forces of Ukraine in combat operations, the article reveals the features of the construction and functioning of its command and control systems for troops and weapons. Based

on the analysis of information available in open sources about the functioning command and control systems of the Armed forces of Ukraine, their structure and principles of operation, as well as technical means of communication and automation used to control troops and weapons, have been identified. Taking into account the results of the conducted operational and tactical calculations, problematic issues are formulated from the point of view of opening such electronic intelligence control systems. Promising areas for the development of command and control systems for troops and weapons have been identified.

Key words: Command and control system of troops and weapons, intelligence and communications equipment.

Аннотация: Стремительный прогресс в области высоких технологий, а вместе с ним развитие оперативного искусства стимулируют совершенствование систем управления войсками и оружием. Боевые действия на территории Украины наглядно демонстрируют: сегодня для управления войсками успешно применяются не только те средства управления, которые приняты на вооружение, но все средства, которые позволяют эффективно организовать боевое управление и имеются в наличии в данный момент. В Вооруженных силах Украины, при содействии НАТО, успешно реализована автоматизированная система управления войсками и оружием, построенная по принципу C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – командование, контроль, связь, компьютеры, наблюдение и разведка). Это позволило вооруженным силам Украины перейти на новые качественные возможности по управлению войсками, определению данных целеуказания, постановке огневых и стартовых задач, определению маршрутов в режиме реального времени по закрытым каналам связи. В статье на основе опыта организации управления вооруженными силами Украины в боевых действиях раскрываются особенности построения и функционирования её систем управления войсками и оружием. На основе анализа информации, имеющейся в открытых источниках о функционирующих системах управления войсками и оружием вооруженных сил Украины, выявлена их структура и принципы функционирования, а также технические средства связи и автоматизации, используемые для управления войсками и оружием. С учетом результатов проведенных оперативно-тактических расчетов сформулированы проблемные вопросы с точки зрения вскрытия подобных систем управления средствами радиоэлектронной разведки. Определены перспективные направления развития систем управления войсками и оружием.

Ключевые слова: Система управления войсками и оружием, средства разведки и связи.

Введение

Военный конфликт между Россией и Украиной, где одной из составляющих во многом успешного противостояния сил обороны Украины вооруженным силам России стало внедрение принципа сетецентризма при организации управления войсками и оружием, наглядно подтвердила мысль И.М. Попова и М.М. Гамзатова: менее развитая армия, но использующая принцип сетецентризма способна эффективно противостоять более развитой армии, но управляемой по классической схеме, высказанную ими еще в 2018 году [1].

По информации из открытых источников в период с 2014 по 2022 год в вооруженных силах Украины (ВСУ) при непосредственном участии специалистов НАТО была проведена успешная работа по переоснащению вооруженных сил средствами связи и управления, при этом одним из важнейших ее аспектов стало обеспечение взаимной совместимости средств связи:

1) начиная с 2015 года воинские формирования ВСУ были оснащены средствами цифровой транкинговой связи Motorola серии Motorbro, использующие стандарт DMR.

Использование стандарта DMR позволяет наращивать систему связи за счет совместимости с оборудованием других производителей (Hytera, Kenwood, Baofeng) [2], что открывает повышенные возможности для наращивания радиосети в интересах взаимодействия с соседями. Наличие в бригаде до 4 единиц базовых станций DR-3000 с выходной мощностью 50 Вт позволяет организовать в районе боевых действий транкинговую радиосеть, работающую в диапазоне 146-174 МГц и 400-470 МГц. Такая радиосеть обладает высокой адаптивностью за счет возможности использования портативных радиостанций DP-4400, и автомобильных радиостанций DM-4600 в качестве ретрансляторов [3];

2) имеющаяся на вооружении ВСУ бронетехника была переоснащена на средства цифровой связи семейства L3Harris производства США. Именно это позволило ВСУ при замене советского вооружения и военной техники, потерянной в ходе боевых действий организовать непрерывное и устойчивое управление войсками, укомплектованными техникой, поставленной из-за рубежа в рамках военной помощи стран НАТО;

3) подразделения связи были обеспечены телекоммуникационными комплектами ТК-1, позволяющими организовать локальные сети и использовать возможности IP-телефонии и широкополосного спутникового интернета (ШСИ) Starlink [3].

4) обеспечение пунктов управления шифраторами Гном-Е (B271-E(PE)) украинского производства, предназначенных для криптографической защиты трафика IP-сетей среднего уровня секретности с возможностью обеспечения защиты каналов проводной, спутниковой, радиорелейной и сотовой связи, позволило нивелировать слабую разведзащищенность транкинговых радиосетей, организуемых средствами цифровой транкинговой связи Motorola [3, 4].

5) с 24 февраля 2022 года стартовали массовые поставки терминалов ШСИ Starlink, которые позволили реализовать автоматизированную систему управления войсками и оружием (АСУВиО.) В настоящее время терминалами ШСИ Starlink оснащены практически все пункты управления оперативных, оперативно-тактических и тактических формирований до пунктов управления рот включительно [5].

6) 4 февраля 2023 года официально принята на вооружение ВСУ платформа по ситуационной осведомленности «Delta», предназначенная для обеспечения ситуационной осведомленности командования – то есть предоставления информации в режиме реального времени, о местонахождении своих войск и войск противника [6].

Данная платформа разработана Министерством обороны Украины при содействии НАТО по принципу C4ISR и впервые протестирована в 2017 году. Она состоит из трех главных компонентов:

Delta monitor – инструмент сбора, обработки и отображения информации о силах противника, координации сил обороны, а также обеспечения ситуационной осведомленности по стандартам НАТО;

Element – защищенный мессенджер для взаимодействия и координации действий подразделений;

Delta tube – защищенный канал передачи видео.

В платформу интегрированы поставщики спутниковых снимков, информации от различных средств технической разведки, а также гражданских систем объективного контроля и наблюдения, GPS-трекеров, средств поражения, а также пользователей соцсетей, причем сама платформа размещена в «облачной» среде за пределами страны, чтобы защитить ее от ракетных ударов и кибернетических атак [6].

Размещение платформы Delta в «облаке» имеет принципиальное значение, этим обеспечивается сетевой характер АСУВиО – все пользователи (органы управления), вне зависимости от звена управления, их текущего местоположения и характера деятельности имеют доступ к общей сети, в рамках своей компетенции.

Сетевой характер АСУВиО обуславливает:

оперативность и непрерывность управления – вся необходимая разведывательная информация от различных средств разведки поступает в общую сеть, где обрабатывается, анализируется и отображается на оконечном устройстве пользователя (органа управления) в масштабе реального времени в объеме, ограниченном в зависимости от его компетенции, позволяя принять обоснованное результатами оперативно-тактических расчетов решение;

скрытность управления – радиосети и радионаправления, теряют важность как источники разведсведений, это обусловлено тем, что они не привязаны как таковые к конкретному объекту разведки (органу и пункту управления), а обслуживают сеть, предоставляя необходимую информацию всем пользователям в рамках их компетенции;

устойчивость управления – сетевой характер сети предусматривает организационный характер мероприятий по восстановлению нарушенного управления: системный администратор, в зависимости от складывающейся обстановки, может передавать функции вышедшего из строя пункта управления другому (запасному, вышестоящему или подчиненному) при этом необходимая для организации управления информация, ввиду ее виртуального характера, остается неповрежденной.

Кроме того, в платформу интегрированы локальные цифровые системы управления артиллерийским огнем «Крапива» и геоинформационная система «Arta» (далее – ГИС «Arta»), обеспечивающие сбор, анализ и отображение информации из нескольких источников, с последующей выдачей данных целеуказания средствам поражения [6, 7]. Особенностью данных систем является то, что они могут устанавливаться на любое Android устройство.

Заключение

Таким образом, на сегодняшний день в ВСУ функционирует АСУВиО построенная по принципу C4ISR, которую обслуживает сеть связи, объединяющая практически весь спектр доступных средств, в том числе военного и гражданского назначения. Особенностью, имеющей решающее значение, является то, что в такой системе управления, построенной по сетевому принципу объекты разведки являются пользователями этой сети, в результате чего источники разведсведений теряют важность. А в условиях отсутствия семантической доступности трафика ввиду широкого применения закрытия радиоканалов, основным способом добывания разведывательной информации становится местоопределение источников радиоизлучений.

Развёртывание таких систем управления войсками и оружием стало объективной реальностью: широкополосный спутниковый интернет по примеру Starlink на сегодняшний день начали развивать все наиболее развитые государства мира, в том числе Китай и Россия [6, 7].

Список использованных источников

1. И.М. Попов, М.М. Гамзатов. Война будущего: Концептуальные основы и практические выводы. Очерки стратегической мысли. – 3-е издание, исправленное. – М.: Кучково поле, 2018. – 832 с.: ил.
2. Цифровые радиостанции Mototrbo™/[Электронный ресурс]// Motorolasolutions: [сайт]. — URL: https://www.motorolasolutions.com/ru_ru/products/motrbo/discontinued/dp4000-series/dp4800-p4801.html#tabproductinfo (дата обращения: 20.12.2024 г.).
3. Организация связи и управления подразделениями во время боя / [Электронный ресурс] // geochronic.ru: [сайт]. — URL: https://geochronic.ru/images/3/3e/ОРГАНИЗАЦИЯ_СВЯЗИ_И_УПРАВЛЕНИЯ_в_всу.pdf (дата обращения: 18.12.2024 г.).
4. Гном-Е. Шифратор с интегрированным модулем коммутации/ [Электронный ресурс] // Трител: [сайт]. — URL: <http://www.tritel.ua/index.php/ru/produktsiya/sposobi-kzi/pelena-e2013-04-29-12-26-44/gnom-e2013-04-29-12-27-07/shifrator-s-integrirovannym-modulem-kommutatsii-detail> (дата обращения: 20.12.2024 г.).

5. Starlink на связи в ВСУ / [Электронный ресурс] // TVZvezda: [сайт]. - URL: <https://tvzvezda-ru.turbopages.org/tvzvezda.ru/s/news/202210142124-ae9hP.html> (дата обращения: 18.12.2024).

6. For Western Weapons, the Ukraine War Is a Beta Test / [Электронный ресурс] // The New York Times [сайт]. - URL: <https://www.nytimes.com/2022/11/15/world/europe/ukraine-weapons.html> (дата обращения: 20.12.2024 г.).

7. ПК_Крапива_Руководство_пользователя / [Электронный ресурс] // geochronic.ru: [сайт]. - URL: https://geochronic.ru/images/8/83/ПК_Крапива_Руководство_пользователя_Народный_перевод.pdf (дата обращения: 20.12.2024 г.).

УДК 355.359

К.Т.Даркулов¹, М.К.Мамбеталиев²

*¹Национальный университет обороны Республики Казахстан,
Республика Казахстан, город Астана,*

*²Военный госпиталь Министерства обороны Республики Казахстан,
Республика Казахстан, город Актобе*

ИЗУЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ КУРСАНТОВ ПЕРВОГО КУРСА ВОЕННОГО ИНСТИТУТА СИЛ ВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ К УСЛОВИЯМ ВОИНСКОЙ СЛУЖБЫ

Андатпа: Бейімделу жаңа ортаға, жағдайға және рөлге бейімделу процесін білдіреді. Әскери қызмет контекстінде әскери дайындық талаптарына, реттелген өмір салты мен әскери мәдениетке бейімделу көзделеді. Табысты бейімделу жоғары деңгейдегі тұрақтылықты, икемділікті және стрессті жеңе білуді талап етеді, бұл Қазақстан Республикасы Қарулы Күштерінің болашақ офицерлері ретінде қалыптастыру үшін қажет. Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Қорғаныс министрлігінің Әуе қорғанысы күштері Әскери институтының базасында жүргізілді. Инженерлік батальонның 1-ші курсының 100 курсанты зерттелді, ал инженерлік батальонның 2-ші курсының 100 курсанты бақылау тобы ретінде қабылданды және анонимді сауалнама мен ӘҚК ӘИ медициналық пунктіне медициналық көмекке жүгіну мұрағатының нәтижелерін салыстырды. Курсанттардың бейімделу процесінде кездесетін бірқатар проблемалары анықталды және нәтижесінде бейімделу процесін жеңілдету, сол арқылы әскери кадрларды сапалы даярлауды қамтамасыз ету үшін бірқатар ұсыныстар ұсынылды.

Түйінді сөздер: Бейімделу, курсанттар, әскери қызмет, даму стратегиялары.

Abstract: Adaptation refers to the process of adapting to a new environment, situation, and role. In the context of military service, it means adaptation to the requirements of military training, a regulated lifestyle and military culture. Successful adaptation requires a high level of resilience, flexibility and ability to cope with stress, which is necessary for the formation of future officers of the Armed Forces of the Republic of Kazakhstan. This study was conducted on the basis of the Military Institute of the Air Defense Forces of the Ministry of Defense of the Republic of Kazakhstan. 100 cadets of the 1st year of the engineering battalion were examined, and 100 cadets of the 2nd year of the engineering battalion were taken as a control group and compared the results of an intensive questionnaire and the archive of medical care requests to the medical center of the Military medical center. A number of problems faced by the cadet in the process of adaptation were identified and as a result, a number of proposals were presented to facilitate the adaptation process, thereby ensuring high-quality training of military personnel.

Keywords: Adaptation, cadets, military service, development strategies.

Аннотация: Адаптация относится к процессу приспособления к новой среде, ситуации и роли. В контексте военной службы подразумевается приспособление к требованиям военной подготовки, регламентированному образу жизни и военной культуре. Успешная адаптация требует высокого уровня устойчивости, гибкости и способности справляться со стрессом, что является необходимым для формирования в качестве будущих офицеров Вооруженных сил Республики Казахстан. Данное исследование было проведено на базе Военного института Сил воздушной обороны Министерства обороны Республики Казахстан. Были исследованы 100 курсантов 1-го курса инженерного батальона, а в качестве контрольной группы были взяты 100 курсантов 2-го курса инженерного батальона и сравнили результаты анонимного анкетирования и архива обращаемости за медицинской

помощью в медицинский пункт ВИ СВО. Были выявлены ряд проблем, с которыми сталкивается курсант в процессе адаптации и в результате представлены ряд предложений для облегчения процесса адаптации, тем самым обеспечить качественную подготовку военных кадров.

Ключевые слова: Адаптация, курсанты, воинская служба, стратегии развития.

Актуальность. Адаптация относится процессу приспособления к новой среде, ситуации и роли. В контексте военной службы подразумевается приспособление к требованиям военной подготовки, регламентированному образу жизни и военной культуре. Адаптация является важнейшим процессом, позволяющим курсантам успешно пройти военную службу и становлению будущих офицеров Вооруженных сил Республики Казахстан. Успешная адаптация требует высокого уровня устойчивости, гибкости и способности справляться со стрессом. Адаптация к военной службе может быть трудным процессом для курсантов. Военная служба требует высокого уровня физической подготовки и силы духа. Кроме того, требуется готовность работать в команде, выполнять приказы и поддерживать дисциплину. Курсанты, впервые поступающие на военную службу, могут столкнуться с трудностями при переходе к ней. Им может быть трудно адаптироваться к требованиям военной подготовки, регламентированному образу жизни и незнакомой обстановке. Тем не менее подготовка военных кадров является неотъемлемой частью в стратегии развития Министерство обороны Республики Казахстан.

На современном этапе развития общества подготовка профессиональных военных кадров требует новых подходов к образованию, обучению и воспитанию курсантов военно-учебных заведений, предъявляя к ним высокие требования. Основное направление обновления профессионального военного образования заключается в нахождении путей обеспечения деятельностной позиции в процессе обучения, способствующей становлению опыта целостного системного видения профессиональной деятельности, системных действий, решения новых проблем и задач [1].

Цель: особенности физиологической адаптации курсантов первого курса ВИ СВО к условиям воинской службы.

Задачи:

1. Формулирование исследовательского вопроса по РІСО.
2. Провести систематический поиск информации.
3. Найти по данной теме подходящие публикации, дизайн которого соответствует мета-анализу, систематическому обзору или РКІ.
4. Провести углубленный анализ особенностей адаптации курсантов к военной службе.
5. Провести анализ проблем, с которыми сталкиваются курсанты.
6. Провести статистический анализ данных из архивов медицинского пункта и психологической службы ВИ СВО.
7. Предложить новые адаптированные стратегии программы, которые можно использовать для облегчения адаптации курсантов ВИ СВО.

Материалы и методы: Для систематического поиска был поставлен исследовательский вопрос с помощью РІСО:

Р–Курсанты первого курса ВИ СВО

І–результаты из архивов медицинского пункта и психологической службы ВИ СВО.

С–статистический анализ результатов исследования.

О–провести динамический анализ процесса адаптации курсантов первого курса ВИ СВО к условиям воинской службы.

Исследовательский вопрос: в чем заключаются особенности адаптации к воинской службе у курсантов первого курса ВИ СВО?

Дальше был произведен поиск информации. Поиск осуществляли в нескольких базы данных: MEDLINE, Cochrane, elibrary и EMBASE. Для поиска в базе данных MEDLINE использовали электронно-поисковую систему PUB MED. Ключевые слова: adaptation, cadets, military service, development strategies. Также использовали логические операторы такие как “AND”. “OR” и использовали имеющееся в MEDLINE поле [PT]. В результате поиска нашли 8 статей дизайн которых соответствует РКИ. Критерием исключения были платные статьи, критерием включения бесплатные полно текстовые статьи. По этим статьям провели углубленный анализ особенностей адаптации курсантов к военной службе и выявили основные факторы, влияющие на адаптацию к воинской службе.

В заключение мы провели статистический анализ результатов, полученных из архивов медицинского пункта и психологической службы ВИ СВО. в динамике. Статистический анализ

проводился следующим образом:

1. Для определения динамики, результаты исследования были разделены на 3 временных периода:

- 1) Начальный (с момента прохождения курса молодого бойца, до принятия присяги);
- 2) Переходный (1 семестр обучения);
- 3) Заключительный (2 семестр).

2. Результаты статистического анализа психологической адаптации.

3. Результаты статистического анализа физиологической адаптации.

В исследовании участвовали курсанты ВИ СВО. Критерием включения были курсанты 1-го курса инженерного батальонов набора 2024 года (n=100). Критерием исключения были курсанты 3-го и 4-го курса летного, инженерного батальонов. В качестве контрольной группы были взяты курсанты 2-го курса инженерного батальона набора 2023 года (n=100). Для исследования психоэмоционального состояния были взяты результаты анонимных анкет и психологических тестов ВИ СВО. Данные по состоянию здоровья и обращений за медицинской помощью были взяты в медицинской службе ВИ СВО.

В ходе углубленного анализа научных статей, были выявлены ряд проблем, с которыми могут столкнуться курсанты при адаптации к военной службе. Из них:

Психологические проблемы. Одна из наиболее существенных проблем, с которыми сталкиваются курсанты в процессе адаптации, носит психологический характер.

Курсанты подвергаются к интенсивным физическим нагрузкам, которая может привести к психологическому стрессу и беспокойству. Исследования показали, что на психологическое благополучие курсантов негативно влияет среда военной подготовки (Figuerola-Muñoz&Valderrama-Zurita,2020). Постоянное стремление выступать на высоком уровне в сочетании со страхом неудачи может вызвать у курсантов чувство стресса и беспокойства. Кроме того, курсантам часто приходится работать в командной среде, что может привести к межличностным конфликтам и социальной изоляции (GarcíaVázquez, López-Sánchez, Gómez-Campillo, & Sánchez-Miguel,2020).

Физические проблемы. Курсанты также обязаны проходить физическую подготовку в рамках процесса адаптации. Физическая подготовка необходима для того, чтобы курсанты были в хорошей физической форме и могли выполнять свои обязанности в армии. Однако физическая подготовка также может быть серьезной проблемой для курсантов, особенно для тех, кто не привык к серьезным физическим упражнениям. Исследования показали, что курсанты часто получают травмы и физическое истощение в процессе адаптации (Gardner&Moore,2019). Кроме того, физическая подготовка также может привести к умственному переутомлению и стрессу, что может негативно сказаться на психологическом самочувствии курсантов. Физическая подготовка улучшает для курсантов восприятие и усвоение учебного материала, ускоряет необходимую социализацию первокурсников в новом и разнородном коллективе, через совместную деятельность на занятиях по физической культуре. А также решает вопрос по

использованию свободного времени. И, что самое главное подготавливает первокурсников к выбранной профессии, обогащая индивидуальный фонд профессионально полезных двигательных умений и навыков, физических и непосредственно связанных с ними способностей, важных для будущей деятельности [2].

Социальные вызовы. Курсанты должны работать в командной среде и развивать прочные связи со своим и сверстниками. Однако социальная среда в Вооруженных силах может быть сложной для курсантов, особенно для тех, кто замкнут или социально изолирован. Исследования показали, что курсанты часто испытывают социальную изоляцию и чувство одиночества в процессе адаптации (García-Vázquezetal.2020). Кроме того, курсантам часто приходится работать в иерархической организации, что может привести к межличностным конфликтам и борьбе за власть (Ogbonna,Harris &Brown, 2019). Социально-психологическая адаптация курсанта – это степень принятия его ценностных качеств, традиций, общих установок коллектива в воинской части, удовлетворенность взаимоотношениями в своем личном составе [3]. В частях и подразделениях, в труде и в быту складываются и развиваются самые разнообразные отношения, которые возникают стихийно и официально ничем не регламентируются. Поэтому взаимоотношения в воинском коллективе требуют постоянного и пристального внимания командиров, знания ими особенностей отношений между всеми категориями военнослужащих [4].

Регулярный образ жизни. Военная служба строго регламентирована и курсанты должны следовать строгим правилам и положениям. Регулярный образ жизни может быть сложным для курсантов, привыкших к более гибкому образу жизни.

Факторы влияющие на успешность адаптации:

На успешность адаптации курсантов к военной службе могут повлиять несколько факторов. Ниже приведенные некоторые из факторов, которые могут повлиять на успешную адаптацию:

1. Черты характера: курсантам, которые от природы устойчивы и легко адаптируются, может легче адаптироваться к военной службе.
2. Системы поддержки: курсантам, у которых есть сильная система поддержки, такая как семья и друзья, может легче адаптироваться к военной службе.
3. Обучение: эффективное обучение может подготовить курсантов к физическим и умственным требованиям военной службы, облегчая им адаптацию.
4. Лидерство: эффективное лидерство может обеспечить курсантам руководство и поддержку в процессе адаптации.

Результаты исследования

В ходе исследования за первый (начальный) период адаптации курсантов 1-го курса были выявлены следующие данные: количество амбулаторных обращений составило - 41 обращения из них заболевания верхних дыхательных путей составило - 22 человек (53,7%), мозоли и гнойно-воспалительные заболевания кожи -13 человек (31,7%), расстройство ЖКТ - 6 (14,6%). Обращения в стационар составило - 3 человека с острым тонзиллитом. Согласно анкетированию у первокурсников выявлены признаки дезадаптации, а именно тоска по дому, нежелание служить, привыкание к строгому распорядку дня. Мы считаем, что причиной большого количества обращений амбулаторных больных связано с акклиматизацией и другими стрессовыми факторами в период курса молодого бойца (употребление холодной воды, резкие перепады температуры).

Во втором периоде адаптации количество амбулаторных обращений составило - 34 из них заболевания верхних дыхательных путей - 20 (58,8%), аллергические реакции - 4 (11,8%), невралгии – 8 (23,6%), фурункулез - 2 (5,9%). Обращения в стационар составило - 10 человека, острый аппендицит - 1 (10%), вросший ноготь - 3 (30%), варикоцеле - 2 (20%), ОРЗ - 4 (40%). Данные анкетирования психоэмоционального состояния указывают, что

большинство курсантов (54%) считают, что обучение в военном институте является престижным, что предполагает положительную динамику в морально-психологической адаптации.

В третий (заключительный) период адаптации количество амбулаторных обращений составило - 22 обращения из них заболевания верхних дыхательных путей - 16 (72,7%), аллергические реакции - 4 (18,2%), расстройство ЖКТ - 2 (9,1%). По данным психоэмоционального состояния 95% опрошенных курсантов уверены в выполнении поставленных задач и 83 % доверяют своему коллективу в военном деле.

Обсуждение

Таким образом в ходе исследования мы выявили, что для каждого периода адаптации характерны свои особенности:

Начальный этап (критическая адаптация). На начальной стадии курсанты первого курса проявляют выраженное стремление и выполнение требований офицеров, старательность и исполнительность. Вместе с тем идет процесс оценивания каждого отдельного офицера, выделяются характерные черты, слабые и сильные стороны. Очень важно первое впечатление, которое произведет на курсантов 1-го курса тот или иной командир, т.к. данное впечатление затем трудно изменить.

Находясь в новых условиях, оценив своего командира, курсанты первого курса начинают вырабатывать и пробовать новые стили во взаимоотношениях с ним. Не всем курсантам это дается легко, из-за чего могут возникать конфликты. Данная стадия первичной адаптации является критической, так как в результате проб и ошибок формируется главная линия поведения курсанта, в данный период самооценка курсантов и ожидаемая оценка имеют тенденцию к сближению с оценкой командира, но ещё не совсем адекватна ей.

Переходный этап. В данном этапе адаптация курсантов первого курса к воинской службе начинается привыкание к учебному процессу и казарме. Для нее характерны следующие особенности:

1) вхождение новичков - курсантов, осуществляется в группах разного уровня развития, что определяет характер адаптивного поведения личности;

2) решающей сферой адаптации является сфера установления отношений между личностью курсанта и воинской группой, от которой зависит адаптация во многих других сферах;

3) воинская группа формального типа воспринимается как сильный стресс-фактор, искажающий течение вторичной адаптации курсантов первого курса или приводящий к дезорганизации по отношению к воинской службе.

4) учебный процесс вместе с воинской службой является тяжелым этапом адаптации для первокурсников, т.к. оказывает большую нагрузку как психоэмоционально, так и физически.

Адекватная самооценка, общение с курсантами, преподавателями, офицерами, эмоциональная устойчивость, дисциплинированность, выносливость, смелость все эти и многие другие качества формируют комплекс психических реакций, которые определяют адекватное поведение курсанта и его взаимодействие с новой для него средой существования. Весомое значение на процесс адаптации курсантов оказывают межличностные отношения в учебной группе.

Заключительный этап адаптации. На последней стадии адаптации поведение курсантов первого курса закрепляется, становится более устойчивой. Наблюдается дифференциация военнослужащих на три основные группы в зависимости от отношения к выполнению требований к воинской службе:

- а) активно-положительное;
- б) пассивного;

в) активно-отрицательного.

В ходе изучения заболеваемости курсантов на 3 этапах адаптации обнаружено, что в первом периоде больше всего амбулаторных обращений чем в двух других периодах. Это обусловлено прежде всего с резкой переменой климата и окружающей среды для курсантов с разных регионов, а также из-за условий проживания во время курса молодого бойца и физической нагрузки. В последующих двух этапах отмечается снижение количества амбулаторных обращений в связи с физиологической адаптацией организма курсантов первого курса.

Заключение

Таким образом, становление курсанта, как полноценной личности с практической точки зрения имеет очень важное значение, так как именно в ВУЗе идет формирование личностных качеств курсантов первого курса, а в дальнейшем и в службе в Вооруженных Силах Республики Казахстан происходит корректировка полученных знаний, умений и навыков.

Выяснив основные проблемы, с которыми сталкиваются курсанты первого курса при адаптации к военной службе и изучив данный вопрос в зарубежных источниках, хотим предложить стратегию по улучшению адаптации к военной службе в ВИ СВО, которая используется в иностранных государствах:

1. Установите четкие ожидания: важно четко сообщить, что ожидается от курсантов в период адаптации. Это включает в себя такие вещи, как расписания, правила и поведенческие ожидания;

2. Предоставление ресурсов: предложите ресурсы, чтобы помочь курсантам адаптироваться, например, ознакомительные материалы, программы наставничества или доступ к консультационным услугам;

3. Поощрять командную работу: поощряйте курсантов к совместной работе и поддержке друг друга. Это может укрепить чувство товарищества и помочь уменьшить стресс;

4. Быть доступным: быть доступным, чтобы ответить на вопросы или решить проблемы, которые могут возникнуть у курсантов. Убедитесь, что они чувствуют себя комфортно, обращаясь к вам за помощью.

5. Предоставление конструктивной обратной связи: регулярно предоставляйте курсантам обратную связь об их успехах и областях, в которых они нуждаются в улучшении. Это может помочь им почувствовать себя более уверенными в своих силах и понять, над чем им нужно работать.

6. Отмечайте успехи: Признавайте и отмечайте успехи, какими бы незначительными они ни казались. Это может помочь укрепить уверенность и мотивировать курсантов продолжать усердно работать.

7. Терпение: помните, что период адаптации может занять некоторое время, и будьте терпеливы с курсантами, пока они адаптируются. Поощряйте их продолжать усердно работать и предлагать поддержку, когда это необходимо.

В ходе изучения анонимного анкетирования, курсантами были отмечены следующие предложения по облегчению адаптации:

1) индивидуальный подход к каждому курсанту;

2) поощрение курсантов за их достижения;

3) культурное просвещение курсантов (выход в город на различные мероприятия, концерты, театры, КВН и т.д.).

Реализуя эти стратегии, вы можете помочь поддержать курсантов в период адаптации и настроить их на успех.

Список использованных источников

1. О.Ю. Ефремова Военная педагогика: учебник для вузов СПб.: Питер, 2020. -11с.
2. Кузнецов, Б. В. Физическая подготовка курсантов в процессе их профессиональной адаптации / Вестник ВИ МВД России. - 2014. - № 3. -183 с.
3. Е. А. Климов Общечеловеческие ценности глазами психолога; - М., 2013. - 136 с.
4. Грищенко Н.П. Психологическое сопровождение социально-психологической адаптации военнослужащих к деятельности в органах пограничного контроля: Монография / Н.П. Грищенко; - Голицыно: ГПИ ФСБ РФ, 2015. - 51 с.

ӘСКЕРИ ІСТЕРДІҢ ЖАЛПЫ МӘСЕЛЕЛЕРІ

УОК 355.415.6

А.К.Тусупбеков, К.Т.Даркулов, Н.Б.Шукурғалиев
Қазақстан Республикасының Ұлттық қорғаныс университеті,
Қазақстан Республикасы, Астана қаласы

**ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАР, СОНЫҢ ІШІНДЕ СУ ТАСҚЫНЫ КЕЗІНДЕ
ӘСКЕРЛЕРДІ САНИТАРИЯЛЫҚ-ЭПИДЕМИОЛОГИЯЛЫҚ
ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ**

Андатпа: Мақалада табиғи апаттар туралы, соның ішінде су тасқыны кезінде халық арасында инфекциялық аурулар бойынша эпидемиологиялық ахуалдың нашарлау жағдайлары көрсетілген. Автормен ертеректе су тасқынымен байланысты болған ірі катастрофалар мен олардың туындауы кездеріндегі аталған мекендерде аурушандықтың өзгеруі сипатталған. Төтенше жағдай аймағындағы күйзеліс, үрей, байбалаң, адамдардың топталып жиылуы, өмірмен қамтамасыз ету нысандарының істен шығуы, қоршаған орта ластануы санитариялық-эпидемиологиялық жағдайды қанағаттырарлықсыз жағдайға әкеліп, инфекциялық аурулардың халық арасында, оның ішінде төтенше жағдай салдарын жоюға қатысып жатқан Қарулы Күштердің жеке құрамы арасында туындауына және таралуына әкелуі мүмкін. Сонымен қатар мақалада еліміздің өңірлерінде 2024 жылдың көктемінде орын алған су тасқынының салдарын жоюға қатысқан Қазақстан Республикасының Қарулы күштерінің жеке құрам арасында инфекциялық аурулардың туындауы мен таралуының алдын алу бойынша әскери дәрігерлер мен эпидемиологтардың жүргізген шаралары көрсетілген. Әскерлерде санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз етудің маңыздылығы да қарастырылған Сондай-ақ індетке қарсы шараларды ұйымдастыру, ауру ошағын жою мен мониторинг жүргізу сұрақтарына зер салынған. Жалпы, бұл мақалада санитариялық-эпидемиологиялық салауаттылық саласындағы жұмысты сапалы қамтамасыз етудің маңыздылығы айқындалған.

Түйін сөздер: Төтенше жағдай, эпидемия, әскери эпидемиолог, жұқпалы аурулар, су тасқыны.

Abstract. The article discusses natural disasters, including the deterioration of the epidemiological situation with infectious diseases among the population during floods. The author describes major disasters related to floods, as well as changes in morbidity in these areas during their occurrence. Stress, panic, poverty in the emergency zone, crowding of people, failure of life support facilities, environmental pollution can lead to an unsatisfactory sanitary and epidemiological situation and lead to the emergence and spread of infectious diseases among the population, including among the personnel of the Armed Forces involved in the elimination of the consequences of an emergency situation. Additionally, the article outlines measures taken by military doctors and epidemiologists to prevent the emergence and spread of infectious diseases among the personnel of the Armed Forces of the Republic of Kazakhstan, who were involved in eliminating the consequences of the flood that occurred in the country's regions in the spring of 2024. The importance of sanitary and epidemiological support in the military is also discussed. The article addresses the organization of measures against epidemics, the elimination of disease outbreaks, and the conduct of monitoring. Overall, the article emphasizes the importance of ensuring high-quality work in the field of sanitary and epidemiological safety.

Key words: Emergency situation, epidemic, military epidemiologist, infectious diseases, flood.

Аннотация. В статье рассматриваются природные катастрофы, включая случаи ухудшения эпидемиологической ситуации с инфекционными заболеваниями среди населения во время паводков. Автор описывает крупные катастрофы, связанные с наводнениями, а также изменения заболеваемости в этих районах в период их возникновения. Стресс, паника, бедность в зоне чрезвычайной ситуации, скопление людей, отказ объектов жизнеобеспечения, загрязнение окружающей среды могут привести к неудовлетворительной санитарно-эпидемиологической ситуации и привести к возникновению и распространению инфекционных заболеваний среди населения, в том числе среди личного состава Вооруженных сил, принимающего участие в ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. Кроме того, в статье приводятся меры, предпринятые военными врачами и эпидемиологами для предотвращения возникновения и распространения инфекционных заболеваний среди личного состава Вооруженных сил Республики Казахстан, участвующего в ликвидации последствий паводка, произошедшего в регионах страны весной 2024 года. Рассматривается также важность санитарно-эпидемиологического обеспечения в армии. В статье затронуты вопросы организации мероприятий против эпидемий, ликвидации очагов заболеваний и проведения мониторинга. В целом, в статье подчеркивается важность качественного обеспечения работы в области санитарно-эпидемиологической безопасности.

Ключевые слова: Чрезвычайная ситуация, эпидемия, военный эпидемиолог, инфекционные заболевания, наводнение.

Кіріспе

Ақырғы жылдары елімізде табиғаты түрлі – табиғи, шығу тегі техногенді болып табылатын төтенше жағдайлар саны көбеюде. Мысал ретінде ақырғы 2024 жылдың наурыз-мамыр айларындағы елімізде болған су тасқынын алып қарасақ болады. Төтенше жағдай аймағындағы күйзеліс, үрей, байбалаң, адамдардың топталып жиылуы, өмірмен қамтамасыз ету нысандарының істен шығуы, қоршаған орта ластануы санитариялық-эпидемиологиялық жағдайды қанағаттырарлықсыз жағдайға әкеліп, инфекциялық аурулардың халық арасында, оның ішінде төтенше жағдай салдарын жоюға қатысып жатқан Қарулы Күштердің жеке құрамы арасында туындауына және таралуына әкелуі мүмкін. Жағдайды сонымен қатар әлемде жаңадан туындап жатқан инфекциялардың, аса қауіпті инфекциялардың пайда болуы, таралуы дүрбелең тудырады. Бұл ретте Ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін төтенше жағдай кезінде індетке қарсы іс-шараларды сапалы жүргізу үшін жоғары мамандандырылған медицина мамандары, жүйеге келтірілген жұмыс алгоритмі мен механизмдерін ойластыруға қажеттілік туындауда. Бұл үшін санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз етуге аса көңіл бөлу қажет.

Зерттеудің мақсаты – су тасқыны кезінде жеке құрам арасында жұқпалы аурулар туындауымен таралуының алдын алу мақсатында әскерлерде санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету жұмыстарын ұйымдастыру.

Зерттеу міндеттері:

1. Су тасқыны аймақтарында инфекциялық аурулар бойынша эпидемиологиялық жағдайдың өзгерісіне талдау жүргізу.

2. 2024 жылдың наурыз-мамыр айларында еліміздің аймақтарында болған су тасқыны кезінде төтенше жағдай салдарын жоюға қатысқан жеке құрам арасында індеттің алдын алу, санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету бойынша жүргізілген шараларды талқылау.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу су тасқыны аймақтарында жүргізілетін іс шараларды қарастыру, заңнамаларды, нұсқамаларды талқылау және жеке тәжірибе негізінде жүргізілді.

Сонымен қатар, қағазды жазу кезінде талдау және синтез сияқты жалпы ғылыми зерттеу әдістері қолданылды.

Зерттеу нәтижесі және оларды талқылау. Бұл басылымда су тасқынымен байланыстытуындаған төтенше жағдайлар, оның туындауы кезінде әскерлерді санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз етудің маңыздылығы көрсетілген.

Төтенше жағдай (*әрі қарай – ТЖ*) – адам шығынына, адамдардың денсаулығына немесе қоршаған ортаға зиян келтіруге, елеулі материалдық нұқсанға және адамдардың тыныс-тіршілігі жағдайларының бұзылуына әкеп соғуы мүмкін [1]. Төтенше жағдайлар әртүрлі жайттардың әсерінен, атап айтсақ табиғи, антропогендік, әлеуметтік жағдайлардан туындауы мүмкін. Бүкіл әлем бойынша кеңінен таралған апаттар – табиғат апаттары.

Табиғи апаттардың ішінде, жиі санитариялық-эпидемиологиялық жағдайдың нашарлауымен және инфекциялық ауру ошақтарының туындау қауіпімен сипатталатыны су тасқынымен байланысты апаттар болып есептеледі. Г.Г. Онищенко және оның авторластарының [2] мәліметінше, ең ауыр зардаптармен өтетін табиғи апаттардың 90 %-ы келесі төрт түрге келеді: су тасқыны (40 %), тайфун (20 %), жер сілкінісі және құрғақшылық (15 %-дан).

Көптеген әдебиеттерде ТЖ кезіндегі эпидемиологиялық ахуалдың нашарлауы бойынша басылымдар шығарылған. Соның ішінде ең көп кезігетіні су тасқыны кезіндегі эпидемиологиялық жағдайдың нашарлауы болып табылады. Әлемде болған су тасқыны катастрофалары кезінде туындаған эпидемиологиялық ахуалдың нашарлауы бойынша кейбір ақпарат 1 кестеде ұсынылған [3, 4, 5, 6, 7].

Су басу аудандарында жиі байқалатын инфекциялық аурулар топтары: ішек (тырысқақ, дизентерия, сальмонеллез, колиэнтерит, А гепатиты, криптоспоририоз), табиғи-ошақтық (оба, сібір жарасы, малярия, лептоспироз, туляремия, Рифт алқабының безгегі, Денге қызбасы), ауа-тамшылы (қызылша, менингококк инфекциясы) [6, б.9-15].

1 кесте

Су тасқыны кезінде эпидемиологиялық ахуал нашарлаған инфекциялар

№	Жыл, аудан	Эпидемиологиялық ахуал нашарлаған инфекция
1	1989–1990, Ботсвана, Индия	Оба
2	1992, Карачаев-Черкес Республикасы	Сібір жарасы
3	1994, Примор және Хабаровск аймағы	Дизентерия, сальмонеллез, тоспироз, туляремия және менингококкты инфекция
4	1996, Үндістан	Малярия
5	1996, Бразилия	Лептоспироз
6	1997, Краснодарский край	Лептоспироз
7	1997–1998, Кения, Сомали	Рифт алқабының безгегі
8	1998, Үндістан	Холера
9	1998, Орталық Америка	Холера, лептоспироз, Денге қызбасы
10	1999, Үндістан	Лептоспироз (жеңіл формасы)
11	2000, Үндістан	Лептоспироз
12	2001, Якутия	Дизентерия және жіті ішек инфекциясы (әрі қарай – ЖИ), А гепатиты
13	2001, Индонезия	Криптоспоририоз
14	2002, Перу	Малярия
15	2004, Бангладеш	Тырысқақ и ЖИ

Яғни, су тасқынымен байланысты болатын ТЖ-лар кезінде инфекциялық аурулар, аса қауіпті инфекциялар адам өмірі мен денсаулығына қауіп төндіріп, эпидемиологиялық тұрғыдан бақылауды және санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз етуді талап етеді.

Елімізде болған ақырғы су тасқынын алып қарастыратын болсақ, көптеген мемлекеттік органдар мұндай жағдайларда бірлесіп жұмыс істеуді қажет ететіндігін айқын көрсетті. Аталған мемлекеттік органдардың бірі санитариялық-эпидемиологиялық салауаттылықты қамтамасыз ету қызметі екені анық. Себебі Қазақстан Республикасы азаматтарының денсаулығын санитариялық-эпидемиологиялық салауаттылық тұрғысынан қорғау – халықтың санитариялық-эпидемиологиялық салауаттылық саласыдағы қызметтің негізгі міндеті [8].

Су басу апаттары табиғи апаттардың бірі болып, кең аумақтарды зақымдап, тұрғындардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіреді. Әскерлердің су басқан аймақтарға жедел көмек көрсету және қалпына келтіру жұмыстарына қатысуы, олардың санитариялық-эпидемиологиялық қауіпсіздігі басты назарда болуы тиіс. Әскерлердің денсаулығын сақтау, эпидемиялық аурулардың таралуын болдырмау үшін санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету жүйесі маңызды рөл атқарады. Су басу апаттарында әскерлердің медициналық, санитариялық және эпидемиологиялық қорғауын ұйымдастыру – бұл әскери денсаулық сақтау жүйесінің тиімділігі мен тұрақтылығына байланысты мәселе.

Әскерлер су басу аймақтарына жедел жетіп, іздестіру-құтқару жұмыстарын жүргізеді, бірақ олар да ластанған су көздері мен тамақ өнімдерінен түрлі жұқпалы ауруларға шалдығуы мүмкін. Бұл жағдайда санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету шараларын дұрыс ұйымдастыру өте маңызды.

Қазақстан Республикасының Қарулы Күштерінде әскерлердің санитариялық-эпидемиологиялық саламаттылығын қадағалау Қорғаныс министрлігінің құрылымдық бөлімшесіне, атап айтқанда Қазақстан Республикасы Қарулы Күштерінің санитариялық-эпидемиологиялық орталығына және оның филиалдарына жүктелді [9].

ТЖ аймағында санитариялық-эпидемиологиялық қызмет мамандары іс-шаралары инфекциялық аурулардың туындауының және таралуының алдын алу және туындаған ауру ошақтарын жою бойынша жүргізілуі мүмкін.

Аталған шараларды жүргізбес бұрын апат аймағының табиғи жағдайы, эндемикалық аймаққа жататындығы, табиғи ошақтар, мал қорымдарының бар-жоқтығы, коммуналдық инфрақұрылым (*сумен қамтамасыз ету, су тазарту орындары, кәріз тораптары*) жағдайлары, аймақтағы медициналық қамтамасыз ету мүмкіндіктерін бағалау қажет. Соның нәтижесінде қандай аурулар туындауы мүмкін екендігіне зерделеу жүргізіп, қандай шаралар жүргізу қажеттілігін айқындаймыз.

Енді ТЖ аймақтарда туындауы қауіпті ауруларды саралайтын болсақ: адамдар үшін қауіпті және аса қауіпті инфекциялар, топтық ішек және зоонозды инфекциялар, сонымен қатар шығу тегі белгісіз аурулар, жіті респираторлық аурулар, топтық тағамдық уланулар қауіп келтіреді.

2024 жылдың 28 наурызымен 20 мамыры аралығында Ақтөбе, Атырау, Қостанай, Батыс Қазақстан және Солтүстік Қазақстан облыстарында болған еліміздің аймағында соңғы 80 жылында болған су тасқыны аталған аймақтарда ТЖ режимін енгізуге себеп болды. Қазақстан Республикасының Қарулы Күштерінің 5300 әскери қызметшісі [10] ТЖ салдарын жоюға және адамдарды құтқару жұмыстарына жұмылдырылды. Қойылған мақсаттарды сапалы орындаудың бір шарты жұмылдырылған жеке құрам арасында аурушандықтың салдарынан санитарлық шығындарды болдырмай, қолда бар күшпен іс-әрекетті жүйелі және сапалы орындау болды. Жеке құрамның денсаулығын бақылау, мамандандырылған көмек көрсету, аурудың алдын алу, сондай-ақ туындаған аурудың таралуын болдырмау мақсатында ҚР ҚК әскери-медициналық мекемелерінен дәрігерлік бригадалар, мобильді топтар, эпидемиолог мамандар бөлінді.

Жұмылдырылған әскерлер және су тасқыны аймағында орналасқан әскери бөлімдер мен мекемелерде індеттің туындауының және таралуының алдын алу мақсатында Қазақстан Республикасы Қарулы Күштері Бас әскери-медициналық басқармасының Бас

мемлекеттік санитариялық дәрігерінің қаулысы (2024ж. 10.04 № 3 Қаулы) шығарылды, әскерлерге аурудың алдын алу бойынша нұсқамалар, жеделхаттар жөнелтілді.

Қаулыда су тасқынынан зардап шеккен аумақтарда ТЖ салдарын жою жөніндегі жұмыстарға ҚР ҚК жеке құрамы тартылған жағдайда инфекциялық аурушандықтың алдын алу бойынша келесі талаптар қарастырылды:

1) әскери-медициналық мекемелердің су тасқыны кезеңінде науқастарды уақтылы анықтауға, диагностикалық тексерулер жүргізуге, емдеуге жатқызуға, оларға білікті медициналық көмек көрсетуге дайындығын қамтамасыз ету;

2) "Халықтың санитариялық-эпидемиологиялық саламаттылығы саласындағы мемлекеттік органға жұқпалы аурулар, улану жағдайлары туралы ақпарат (шұғыл хабарлама) беру қағидаларын бекіту туралы" Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің 2020 жылғы 26 қазандағы № ҚР ДСМ-153/2020 бұйрығына сәйкес жұқпалы ауру белгілері бар адамдарды дереу оқшаулауды және эпидемияға қарсы іс-шаралар жүргізуді қамтамасыз ету;

3) жеке құрамның жеке және қоғамдық гигиена қағидаларын сақтауын қамтамасыз ету;

4) жеке құрамды сапалы тамақ өнімдерімен және кепілді сапалы сумен қамтамасыз ету (*бұл ретте тасқын суларға малынған тамақ өнімдерін пайдаланбау, оларды кеміргіштер мен тасқын сулардың қолы жетпейтін жерлерде сақтау*);

5) су басу орындарында бұлақтардан, құдықтардан, ұңғымалардан су пайдалануға тыйым салу. Ауыз су ретінде бөтелкедегі суды пайдалану;

6) жұқпалы аурулардың белгілері (*дене температурасының жоғарылауы, жүрек айнуы, құсу, сұйық нәжіс, тамақ ауруы, бөртпе және т.б.*) болған кезде дереу өзінің бастығына және медициналық қызмет бастығына (*бекітілген медицина қызметкеріне*), сондай-ақ орналасқан жері бойынша ҚР ҚМ санитариялық-эпидемиологиялық мекемесіне хабарлау;

7) іс-шараларды өткізу кезінде жеке құрамның орналастырылуы, сумен қамтамасыз етілуі және тамақтануы ерекше бақылауға алу (үйде әзірленген және күмәнді тамақ өнімдерін тұтынуға жол бермеу).

8) су құбыры жүйелері мен құрылыстары істен шыққан жағдайларда жеке құрамға шаруашылық-тұрмыстық мақсаттар үшін мамандандырылған автокөлікпен жеткілікті мөлшерде сапасына кепілдік берілген су жеткізуді не бөтелкедегі ауызсуды (*тәулігіне бір адамға кемінде 3 литр есебінен*) таратуы ұйымдастыру;

9) су алу орындарында сумен қамтамасыз ету объектілерін және ашық су көздерін қарап-тексеруді ұйымдастыру;

10) жеке құрамды қайнамаған суды ауыз-су мақсатында пайдалануға тыйым салу туралы ақпараттандыру;

11) суды тасымалдау (беру) кестесін әзірлеу және жеке құрам назарына жеткізу;

12) жеке құрам арасында инфекциялық және паразиттік ауруларды тіркеу кезінде науқастарды оқшаулауды және емдеуге жатқызуды қамтамасыз ету.

13) ветеринариялық бақылау органдарымен су басу аймағына түскен мал қорымдары мен сібір жарасының топырақ ошақтарында қорғау іс-шараларының жүргізілуін бақылау қамтамасыз ету;

14) жеке құрам кепілді сападағы ауыз сумен қамтамасыз етілсін (шаруашылық-ауыз су ретінде пайдаланылатын судың зертханалық зерттеу нәтижелерінің және бөтелкедегі судың сәйкестігі туралы сертификаттардың болуы).

15) су дайындау технологиясына, сумен қамтамасыз ету объектілеріне қойылатын санитариялық қағидалардың және ауыз су қауіпсіздігі көрсеткіштерінің гигиеналық нормативтерінің талаптарына сәйкес ауыз суды уақтылы зарарсыздандыру жүргізу;

16) су құбыры жүйелері мен құрылыстарын, орталықтандырылмаған сумен жабдықтау жүйелерін тазалау және дезинфекциялау жүргізу;

17) жеке құрамға берілетін ауыз судың қауіпсіздігін, оның ішінде микробиологиялық және вирусологиялық көрсеткіштер бойынша өндірістік бақылау жүргізу.

Жоғарыда аталған шаралардың барлығын санитариялық-эпидемиологиялық орталығы мамандары бақылауда ұстап, үнемі аймақта санитариялық-эпидемиологиялық барлау жүргізді. Су тасқыны аумағында құтқару жұмыстарына тартылған жеке құрамның тамақтануына, орналастырылуына, сумен қамтамасыз етілуіне, жуыну-кір жуу жағдайларына, жұмыс жасау режиміне үнемі бақылау жүргізіліп отырды.

Қазақстан Республикасы Қарулы Күштері Бас әскери-медициналық басқармасы офицерлері Денсаулық сақтау ұйымдарымен үнемі азаматтық тұрғындар арасындағы аурушандық, аймақтағы эпидемиологиялық жағдай бойынша қарым-қатынас орнатып, Қорғаныс министрлігінде құрылған жедел штабқа маман бөлінді.

Дегенмен, санитариялық-індетке қарсы іс шаралар жүргізу барысында, ТЖ кезінде әскери эпидемиолог мамандардың бір текті әрекет ету алгоритмінің, әскерлерді апат аймағында санитариялық-эпидемиологиялық салауаттылығын қамтамасыз ету бойынша қосымша нұсқамалар мен бұйрықтардың қарастырылмауы айқын көрініп, болашақта аталған жұмыстарды қарастыру қажет ететіндігін көрсетті.

Қорытынды

Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, мыналарды атап өтуге болады.

1. Су тасқыны кезінде аймақтарда түрлі инфекциялық аурулардың туындап, таралу қаупі бар. Инфекциялық аурулардың ішінде эпидемиологиялық ахуал келесі аурулар бойынша жиі нашарлайды: тырысқақ, дизентерия, сальмонеллез, колиэнтерит, А гепатиты, оба, сібір жарасы, малярия, лептоспироз, туляремия, Рифт алқабының безгегі, Денге қызбасы, қызылша, менингококк инфекциясы. Жоғарыда көрсетілгендей инфекциялық аурулар елді, мекенді, адамды таңдамайды. Дұрыс құрастырылған және іске асырылған індеттің алдын алуға қарсы шаралар кешені эпидемиологиялық аурулардың туындауы мен таралуының алдын алады.

2. 2024 жылдың көктем айларында еліміздің аймақтарында болған су тасқыны кезінде төтенше жағдай салдарын жоюға қатысқан жеке құрам арасында індеттің алдын алу, санитариялық-эпидемиологиялық қамтамасыз ету бойынша шаралар Қазақстан Республикасы Қарулы Күштерінің Бас әскери-медициналық басқармасына қарасты бөлімдерінің әскери дәрігерлері мен эпидемиологтарымен жүргізілді. Әскер ішінде жұмыс Қазақстан Республикасы Қарулы Күштері Бас әскери-медициналық басқармасының Бас мемлекеттік санитариялық дәрігерінің қаулысына сәйкес жүргізілді. Жеке құрам арасында індеттің туындауының алдын алу әскери дәрігерлер мен эпидемиолог мамандардың ауру жағдайын дер кезінде анықтау, дұрыс диагноз қою, ауруды оқшаулау, аурудың алдын алу және індетке қарсы іс-шараларды сапалы орындауы болып табылады.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1 Қазақстан Республикасының 2014 жылғы 11 сәуіріндегі №188-V ҚРЗ «Азаматтық қорғау туралы» Заңы. – Б.11.

2 Онищенко Г.Г., Ефременко В.И., Брюханова Г.Д. Обеспечение санитарно-эпидемиологической безопасности населения при наводнении в Южном федеральном округе России. М.: ГОУ ВУНМЦ; 2005. –С. 250.

3 Калашников И.А., Мезенцев В.М., Мкртчян М.О., Грижебовский Г.М., Брюханова Г.Д. Особенности лептоспироза в Краснодарском крае. Журн. микробиол., эпидемиол. и иммуно-биол. 2003. – С. 71.

4 Мельниченко П.И., Лобзин Ю.В., Корнюшко И.Г., Волжанин В.М., Огарков П.И., Васильев В.В. и др. Опыт предупреждения инфекционных заболеваний при ликвидации последствий цунами в Индонезии. Военно-мед. журн. 2005. – С. 8.

5 Онищенко Г.Г., Протодьяконов А.П., Чернявский В.Ф. Опыт обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения на примере ликвидации последствий наводнения (Якутия. Северные широты. Бассейновый подход). М.: Медицина; 2004. – С.432

6 Карнаухов И.Г., Старшинов В.А., Топорков В.П., Топорков А.В., Коротков В.Б. Осложнения санитарно-эпидемиологической обстановки и риск возникновения чрезвычайных ситуаций в области санитарно-эпидемиологического благополучия при стихийных бедствиях и антропогенных катастрофах. Проблемы особо опасных инфекций. 2012; [Электронный ресурс]. - URL: [\(https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-2\(112\)\)](https://doi.org/10.21055/0370-1069-2012-2(112))/(жүгінген күні 21.12.2024ж).

7 Katsumata T., Hosea D., Wasito E.B., Kohno S., Hara K., Soeparto P.et al. Cryptosporidiosis in Indonesia: a hospital-based study and a community-based survey. Am. J. Trop. Med. Hyg. 1998; 59:628–32.

8 «Халық денсаулығы және денсаулық ақтау жүйесі туралы», Қазақстан Республикасының 2020 жылдың 7 шілдесіндегі № 360-VI ҚРЗ Кодексі. – Б. 36.

9 «Қазақстан Республикасының Қарулы Күштерінде әскери-медициналық (медициналық) қамтамасыз ету қағидаларын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Қорғаныс министрінің 2020 жылғы 22 желтоқсандағы № 723 бұйрығы. [Электрондық ресурс]. - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2000021873> /(жүгінген күні 21.12.2024ж).

10 Итоги полугодия: модернизация армии, военные учения и миротворческая деятельность 10 07 Август 2024, 08:30 [Электрондық ресурс]. - URL: [https:// Primeminister.kz/](https://Primeminister.kz/)/(жүгінген күні 30.01.2025ж).

**ЖАҢА ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛҒЫЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУДІН
ФИЗИКА- МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ МЕН МОДЕЛЬДЕРІ**

УДК 537.311.322

А.Б.Кенес¹, Д.М.Сергеев², А.К.Суликанов²

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,

²Военный институт Сил воздушной обороны имени Т. Я. Бегельдинова,

Республика Казахстан, город Актөбе

Serdau@mail.ru

**МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
РАЗРУШЕНИЯ СЛОИСТЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ
ИМПУЛЬСАМИ**

Аңдатпа: Қазіргі уақытта қуатты электромагниттік импульстардың (ЭМИ) көздері қарқынды түрде зерттелуде, олар наносекундтардан ондаған наносекундтарға дейінгі қысқа мерзімді қуатты импульстарды қалыптастыруға қабілетті және жоғары энергия тығыздығына ие. Ядролық емес қуатты ЭМИ-дің осындай электр генераторларының пайда болуы тиімді қарулардың пайда болуына әкелуі мүмкін электромагниттік соққыларды қасақана қолдану үшін қолданылады жаудың электронды құралдарын бұзу мақсатында. Бұл жұмыста электромагниттік импульстармен қабатты наноматериалдардың (мысалы, графен муар құрылымдары, силицен – MoS₂) бұзылуын модельдік зерттеудің нәтижелері келтірілген. Эми графен муар құрылымдарына әсер еткенде, бастапқы кезеңде нүктелік ақаулар мен шағын амплитудалық толқындар пайда болатыны көрсетілді, содан кейін ЭМИ әсер ету уақыты ұлғайған сайын ақаулардың концентрациясы да, толқындардың амплитудасы да артады, содан кейін графен жазықтықтары арасында линтельдер пайда болады. Содан кейін биграфен құрылымдарының толық бұзылуы орын алады. Молекулалық динамика әдістерін қолдана отырып, қуатты ЭМИ әсерінен силицен мен графеннің комбинациясы негізінде Шотткидің квази-екі өлшемді диодты құрылымдарының бұзылуын модельдік зерттеу нәтижелері ұсынылған. Квази-екі өлшемді диод құрылымдарының қуатты ЭМИ бұзылуының бастапқы кезеңінде нүктелік ақаулар мен шағын амплитудалық толқындар пайда болатыны көрсетілген. Импульстің салыстырмалы түрде ұзақ әсер етуімен және ЭМИ амплитудасының жоғарылауымен екі өлшемді беттердегі ақаулар концентрациясы мен толқындардың амплитудасының жоғарылауы байқалады. Бұзылудың бастапқы кезеңінде қабаттар аралық линтельдер пайда болатыны анықталды, мүмкін радиациялық шығу тегі. Мұндай секіргіштер диодтың жұмыс беттерін электрлік түрде жауып тастайтыны анықталды, бұл олардың электрлік параметрлерінің берілгеннен айтарлықтай ауытқуына әкеледі. Алынған іргелі заңдылықтар электромагниттік импульстің әсеріне төзімді электрониканың жартылай өткізгіш компоненттерін құру технологиясын одан әрі дамыту үшін пайдалы болуы мүмкін, жартылай өткізгіш құрылымдардың электромагниттік импульстің әсеріне төзімділік деңгейін сенімді болжау үшін қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: Компьютерлік модельдеу, электромагниттік импульс, наноқұрылымның бұзылуы, Шоттки барьері

Abstract: Currently, sources of powerful electromagnetic pulses (EMP) are being intensively studied. They are capable of generating powerful pulses with a short duration of the order of nanoseconds to tens of nanoseconds, and have a high energy density. The emergence of such electric generators of powerful EMP of non-nuclear origin can lead to the creation of effective weapons that are used to deliberately inflict electromagnetic strikes in order to destroy electronic devices of a potential enemy. This paper presents the results of a model study of the destruction of

layered nanomaterials (such as graphene moiré structures, silicene - MoS₂) by electromagnetic pulses. It was shown that when EMP affects graphene moiré structures, point defects and ripples with low amplitude initially appear, then with increasing time of exposure to EMP, both the concentration of defects and the amplitude of ripples increase, after which bridges appear between graphene planes. Then, complete destruction of bigraphene structures occurs. The article presents the results of a model study of the destruction of quasi-two-dimensional Schottky diode structures based on a combination of silicene and graphene under the influence of a powerful EMP using molecular dynamics methods. It is shown that at the initial stage of destruction of quasi-two-dimensional diode structures by a powerful EMP, point defects and ripples with a small amplitude arise. With a relatively long pulse exposure and an increase in the EMP amplitude, an increase in the defect concentration and the amplitude of ripples of two-dimensional surfaces is observed. It is revealed that at the initial stage of destruction, interlayer bridges are formed, probably of radiation origin. It is found that such bridges electrically short-circuit the working surfaces of the diode, which leads to a significant deviation of their electrical parameters from the specified ones. The obtained fundamental patterns can be useful for further development of the technology for creating semiconductor electronic components resistant to electromagnetic pulses, and can be used to reliably predict the level of resistance of semiconductor structures to electromagnetic pulses.

Key words: Computer simulation, electromagnetic pulse, nanostructure destruction, Schottky barrier

Аннотация В настоящее время интенсивно исследуются источники мощных электромагнитных импульсов (ЭМИ), способные формировать мощные импульсы с малой длительностью порядка от наносекунд до десятков наносекунд, причем обладают высокой плотностью энергии. Появление подобных электрических генераторов мощного ЭМИ неядерного происхождения могут приводить к созданию эффективных оружий, которые применяется для преднамеренного нанесения электромагнитных ударов с целью разрушения электронных приборов предполагаемого противника. В данной работе представлены результаты модельного исследования разрушения слоистых наноматериалов (такие как, графеновые муаровые структуры, силицен – MoS₂) электромагнитными импульсами. Было показано, что при воздействии ЭМИ на графеновые муаровые структуры в начальном этапе возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой, далее с увеличением времени воздействия ЭМИ увеличивается как концентрация дефектов, так и амплитуда рябей, после чего возникают перемычки между графеновыми плоскостями. Далее происходит полное разрушения биграфеновых структур. Представлены результаты модельного исследования разрушения квазидвумерных диодных структур Шоттки на основе комбинации силицена и графена под воздействием мощного ЭМИ с применением методов молекулярной динамики. Показано, что в начальном этапе разрушения мощного ЭМИ квазидвумерных диодных структур возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой. При относительно длительном воздействии импульса и увеличении амплитуды ЭМИ наблюдается увеличение концентрация дефектов и амплитуды рябей двумерных поверхностей. Выявлено, что в начальном этапе разрушения формируются межслоевые перемычки, вероятно радиационного происхождения. Обнаружено, что подобные перемычки электрически замыкают рабочих поверхностей диода, что приводит к существенному отклонению их электрических параметров от заданных. Полученные фундаментальные закономерности могут быть полезными для дальнейшего развития технологии создания стойких к воздействию электромагнитного импульса полупроводниковых компонентов электроники, могут быть применены для надежного прогнозирования уровня стойкости полупроводниковых структур к воздействию электромагнитного импульса.

Ключевые слова: Компьютерное моделирование, электромагнитный импульс, разрушение наноструктуры, барьер Шоттки

Введение

Как известно электромагнитный импульс (ЭМИ) является одним из поражающих факторов ядерного взрыва (в основном высотного) [1, 2]. Источником подобных ЭМИ могут выступать электрические генераторы, способные формировать мощные импульсы с малой длительностью порядка от наносекунд до десятков наносекунд [3]. Подобные мощные ЭМИ с малой длительностью обладают высокой плотностью энергии [4]. Появление устройств, способные генерировать мощные ЭМИ, привело к созданию эффективных оружия, которые могут применены для преднамеренного нанесения электромагнитных ударов с целью вывода из строя полупроводниковых компонентов различных аппаратур противника [5, 6].

В настоящее время широко обсуждается разработка авиационных бомб, создающие сверхширокополосные ЭМИ подобному ядерному взрыву, где вместо ядерного материала применяются обычные химические взрывчатые вещества [7] (рисунок 1). Широкое использование полупроводниковых материалов практически во всех отраслях оборонной промышленности делает подобное оружие крайне эффективным.

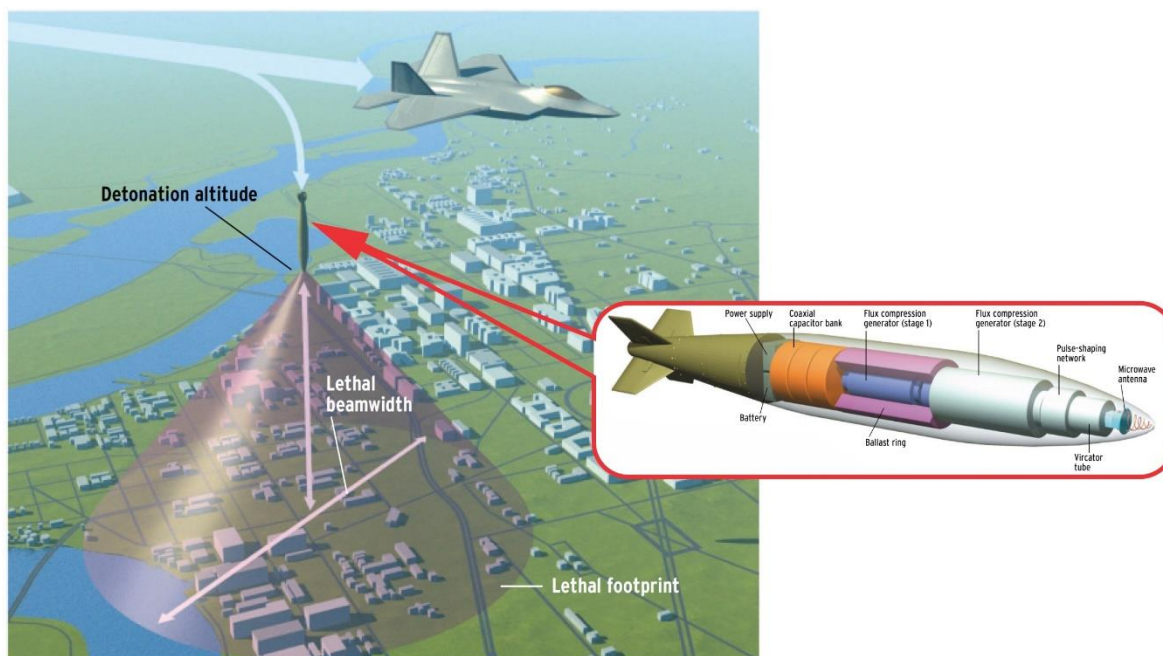


Рисунок 1. Авиационная бомба, создающая сверхширокополосные ЭМИ [7]

При воздействии внешнего ЭМИ нарушения работоспособности РЭО обычно сопровождаются необратимыми физическими процессами в полупроводниковых приборах, связанные с разрушением структуры электронно-дырочного перехода, т.е. наиболее уязвимыми электронными компонентами являются полупроводниковые приборы. Для решения задач по определению и обеспечению стойкости электронной компонентной базы РЭО к внешнему воздействию ЭМИ были разработаны множество моделей физических процессов в полупроводниковых структурах в условиях сильного электромагнитного воздействия [8, 9]. Многие современные модели ориентированы на решения однородного уравнения теплопроводности, где задаются значения амплитуды и длительности воздействующего импульса и оценивается поражение электронных компонентов с учетом элементарного внешнего разогрева структуры. Более детально различные модели, описывающие влияние ЭМИ, описаны в нашей работе [10]. Стало ясно, что учет одного эффекта теплового нагрева конструкции полупроводникового элемента не достаточен, и чтобы «освещать темные углы» в этом сложном физическом процессе следует прибегать к

атомистическому моделированию, т.е. учитывать для оценки параметров влияния различных дефектов кристаллической решетки полупроводника, стимулированные ЭМИ с высокой энергии. Первопринципным фактором такого разрушения является возникновение различных дефектов кристаллической решетки полупроводника при воздействии ЭМИ, которые «переведет» твердое тело в сильно неравновесные состояния конденсированной фазы, а детальное изучение подобных явлений необходимо для дальнейшего развития технологии создания стойких к воздействию ЭМИ полупроводниковых материалов.

В настоящее время начали широко применять для разработки новых электронных компонентов двумерные наноматериалы, такие как графен, силицен, однослойный дисульфид молибдена MoS_2 и т.п. Теоретически свойства графена были достаточно подробно изучены, где выявлены его уникальные электрофизические свойства (см. например [11-13]). Однако, одной из недостатков чистого графена является отсутствие запрещенной зоны, т.е. графен является безщелевым полупроводником с линейным энергетическим спектром [14]. Из-за отсутствия энергетической щели в спектре носителей применение графена для реализации на его основе электронных компонентов сильно ограничивается. Поэтому для использования графена в качестве электронного материала найдены различные способы открытия энергетической щели [15]. Одним из способов открытия щели является нанесение (осаждение) графена на поверхность другого 2D материала, например, на поверхность гексагонального нитрида бора [16]. Существует способ открытия щели в двухслойном графене (биграфен) за счет влияния электрического поля [17]. Так же выяснилось, что в биграфене при повороте слоев на определенный (магический) угол Θ образуется сверхрешетка с муаровыми узорами, период трансляции которой зависит от Θ [18]. Электронные свойства подобных муаровых биграфеновых структур существенно отличается от графена [19].

В данной работе изложены результаты модельного исследования процесса разрушения слоистых наноструктур при воздействии электромагнитных импульсов методами атомистического моделирования.

Геометрия наноматериалов

Геометрия рассматриваемых наноустройств представляет собой структуру, состоящую из двух слоев графена, где один графеновый слой (активный слой) непосредственно подключен к электродам, а другой свободный графен (пассивный) расположен на поверхности активного слоя и связан с ним силами Ван дер Ваальса (рисунок 2. а). Другие наноустройства получены путем закрутки пассивного слоя графена на $4,039^\circ$ и $12,117^\circ$ до получения ясного муарового интерференционного узора, возникающие при наложении двух решетчатых структур (рисунок 2 б, в). (Далее для удобства описания углы подкрутки будем показывать как $\sim 4^\circ$ и $\sim 12^\circ$, соответственно). При смещении слоев в биграфеновой структуре возникают периодически расположенные области с различным типом упаковки (АА- и АВ-упаковки). На рисунке 2 область АА-упаковки отмечена зеленым цветом. При воздействии ЭМИ до разрушения графеновых структур расстояние плоскостями уменьшается, поэтому структуру, рассчитанную без воздействия будем условно называть ненапряженной. Зонная структура ненапряженного биграфена приведена на рисунке 3.

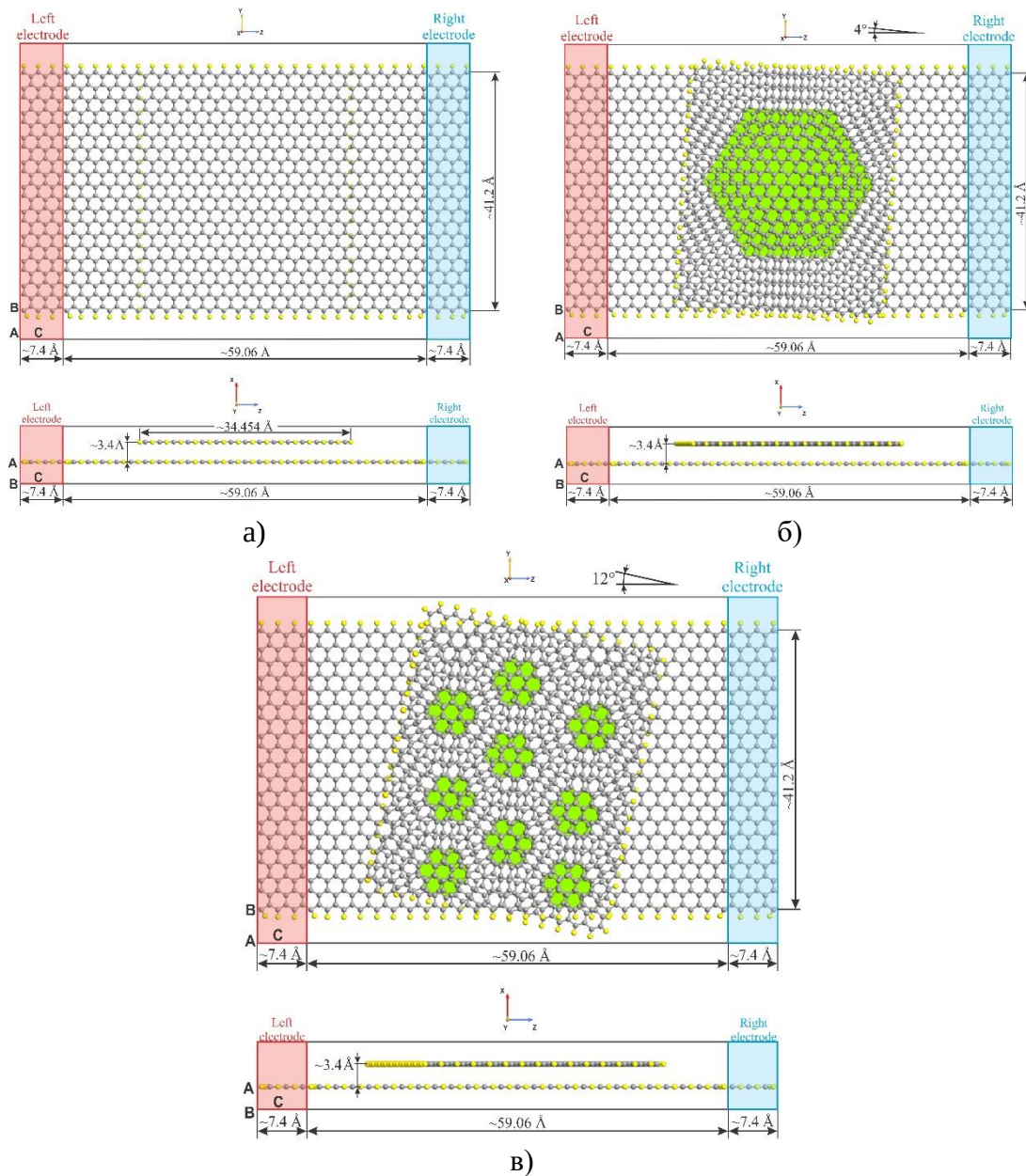


Рисунок 2. Геометрия исследуемой муаровой биграфеновой структуры:
а) биграфеновая структура без закрутки; б) закрученный под углом 4° ; в) закрученный под углом 12° (контуры муаровых узор, полученные при закрутке выделены зеленым цветом)

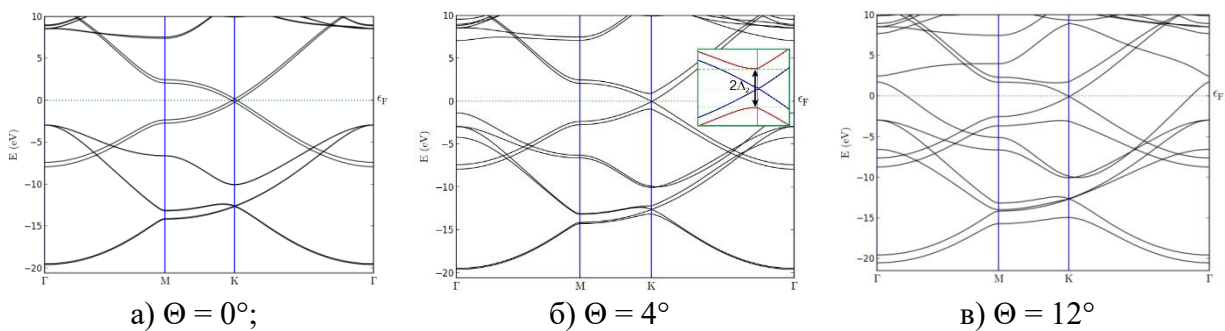


Рисунок 3. Зонная структура ненапряженной муаровой биграфеновой структуры:
а) без закрутки; б) закрученный под углом 4° ; в) закрученный под углом 12°

Методы

Процесс разрушения полупроводниковой структуры исследовался методом молекулярной динамики. Согласно данному методу системы, состоящие из N взаимодействующих атомов, описываются системой уравнения Ньютона:

$$m_i \frac{d^2 \mathbf{r}_i(t)}{dt^2} = \mathbf{F}_i[\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N], \quad (1)$$

или с учетом $\frac{d\mathbf{r}_i(t)}{dt} = \mathbf{v}_i(t)$:

$$m_i \frac{d\mathbf{v}_i(t)}{dt} = \mathbf{F}_i[\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_N], \quad (2)$$

где m_i , $\mathbf{r}_i$ и $\mathbf{v}_i$ – масса, координата и скорость i -й частицы ($i=1, \dots, N$), $\mathbf{F}_i$ – сила, действующая на i -ую частицу. С помощью решения системы уравнений Б.1, Б.2 можно определить траектории частиц, а также анализировать временную эволюцию системы. Для предварительной оценки разрушения кремниевого устройства в качестве потенциалов были выбраны Tersoff_Si_2005, StillingerWeber_Si_1985, ReaxFF_HOSiAlLi_2012. Для описания атомов Ga и As были выбраны потенциалы Tersoff_GaAs_2011, Tersoff_GaAs_2002.

Компьютерное моделирование вольтамперных характеристик рассматриваемых наноструктур производилось в рамках метода Слейтера-Костера в сочетании методом неравновесных гриновских функций (NEGF – Non-Equilibrium Green's Functions). При расчете вольтамперных характеристик выбирались значения напряжения смещения, энергии, k-point (21×21).

Результаты и обсуждения

Рассмотрим разрушение биграфенового муарового устройства, геометрия которого приведена на рисунке 4. Обычно в графите расстояние между графеновыми слоями составляет $\sim 3.4 \text{ \AA}$ и поддерживается слабой Ван-дер-Ваальсовой (ВдВ) связью. Такую биграфеновую структуру (где расстояние между слоями $\sim 3.4 \text{ \AA}$) в разделе 1 мы условно называли ненапряженной структурой. Под воздействием различных внешних сил данное расстояние можно изменить. Это возможно, как вследствие механического воздействия, так и электростатического влияния [20]. Уменьшение расстояния так же наблюдается при воздействии ЭМИ (предразрушительное состояние). Уменьшение межграфенового расстояния в подобных наноустройствах должно заметно влиять на их электротранспортные свойства. Для выявления подобной деформации на свойства наноструктуры, нами была рассмотрена наноструктура с межграфеновым расстоянием $\sim 2.85 \text{ \AA}$ и $\sim 1.7 \text{ \AA}$. Подобные наноструктуры условно будем называть напряженной и сильнонапряженной, соответственно.

Для идентификации биграфеновых структур была рассчитана его зонная структура (рисунок 3). Как видно, из рисунка 3 особенности зонной структуре точки К на уровне Ферми в напряженной двуслойной графеновой системе сохраняются. Дальнейшее уменьшение расстояния между графеновыми слоями (до $\sim 1.7 \text{ \AA}$) приведет к радикальному изменению зонной структуры (рисунок 3, второй столбец). Полагаем, что это связано с изменением связи между атомами углерода пассивного и активного графена от ВдВ на ковалентную.

Возникновение АА- и АВ-упаковок при смещении слоев в биграфеновой структуры приводит к изменению энергетических и транспортных характеристик. Такое изменение наблюдается и в зонной диаграмме подобных объектов. Как видно, особенности точки К зонной диаграммы при закрутке пассивного графена на определенные углы ($\sim 4^\circ$ и $\sim 12^\circ$) для напряженной муаровой системы сохраняются, а зонная диаграмма сильнонапряженной системы радикально отличается от предыдущих систем.

В работе [21] на основе анализа зонных диаграмм муаровых биграфеновых структур выявлено, что в подобных системах осуществляется перенормировка скорости Ферми вблизи дираковой точки. С увеличением угла разориентации Θ происходит уменьшение скорости Ферми (см., например, [22]). Такое уменьшение скорости Ферми объясняется возникновением плоских зон за счет формирования сильно локализованных состояний в области АА-упаковки.

Процесс разрушения биграфеновых устройств представлены на рисунках 4 и 5. Как видно, разрушения начинается с возникновения точечных дефектов как в активном, так и в пассивном графеновых плоскостях. Продолжительное действие ЭМИ приведет к увеличению концентрации дефектов в графене. Далее происходит разрушение графена. Наблюдаем отрыв атома из графеновой плоскости. Уже при 0,3 пс графеновое устройство теряет свои заданные параметры. При 0,4 пс возникает перемины из атомов углерода между графеновыми пленками. Возникновение в начальном этапе воздействия ЭМИ подобных перемины резко ухудшает его параметры, а в некоторых случаях электронные приборы на основе таких материалов полностью не функционируют.

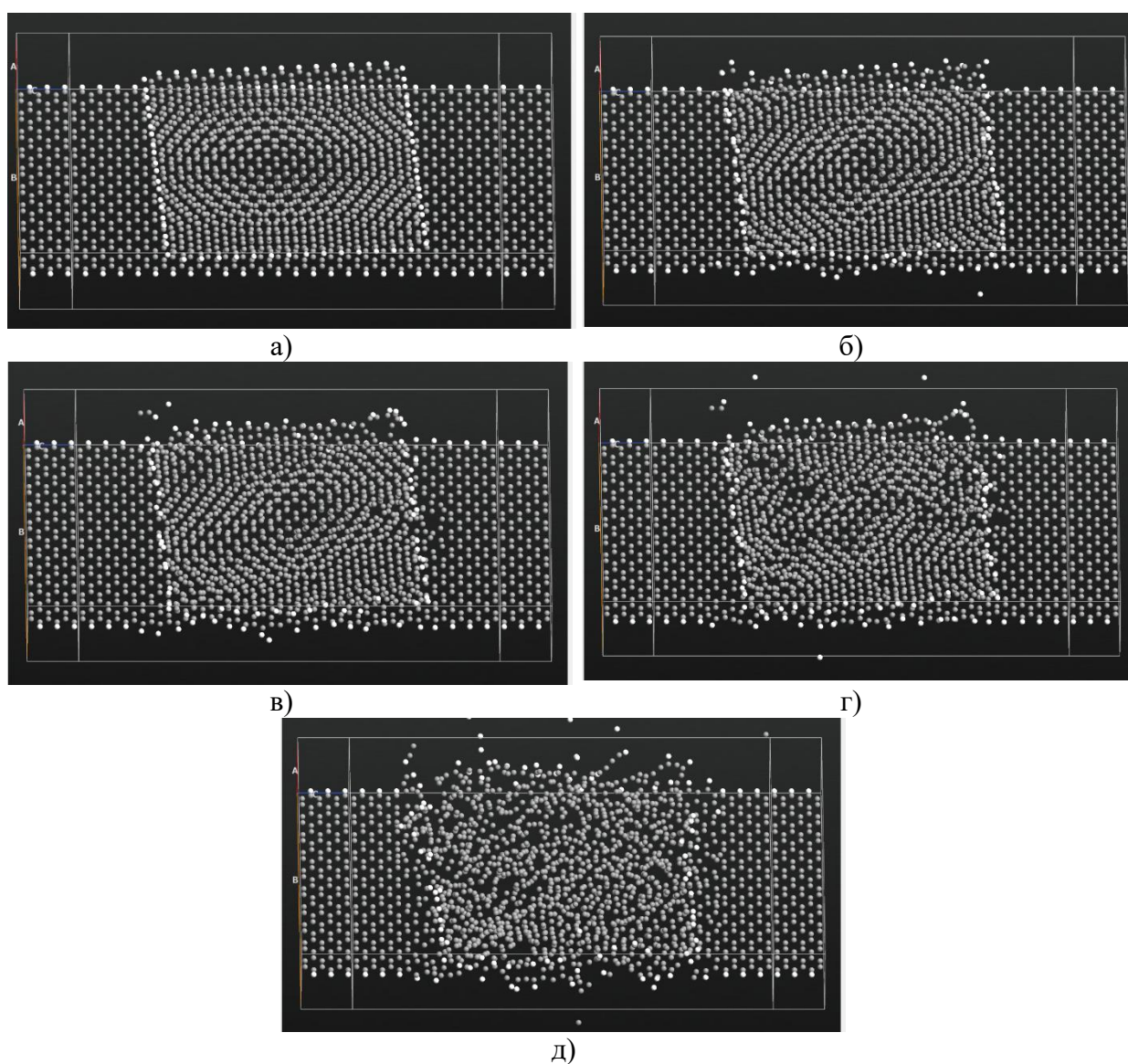


Рисунок 4. Разрушение муаровой биграфеновой структуры ($\Theta = 4^\circ$)

Рассмотрим эволюцию разрушения муаровой графеновой структуры. При муаровом угле ($\Theta = 4^\circ$) разрушение происходит быстрее, чем при $\Theta = 0^\circ$. В начальном этапе воздействия ЭМИ на графеновой плоскости возникают ряби (ripple). Амплитуда некоторых подобных рябей достигает межплоскостное расстояние, что приводит к замыканию графеновых плоскостей (рисунок 4.). Из-за подобных рябей происходит столкновение плоскостей.

Из рассмотренных структур наиболее устойчивым к воздействию ЭМИ является муаровые структуры с $\Theta = 12^\circ$ (Рисунок 5.).

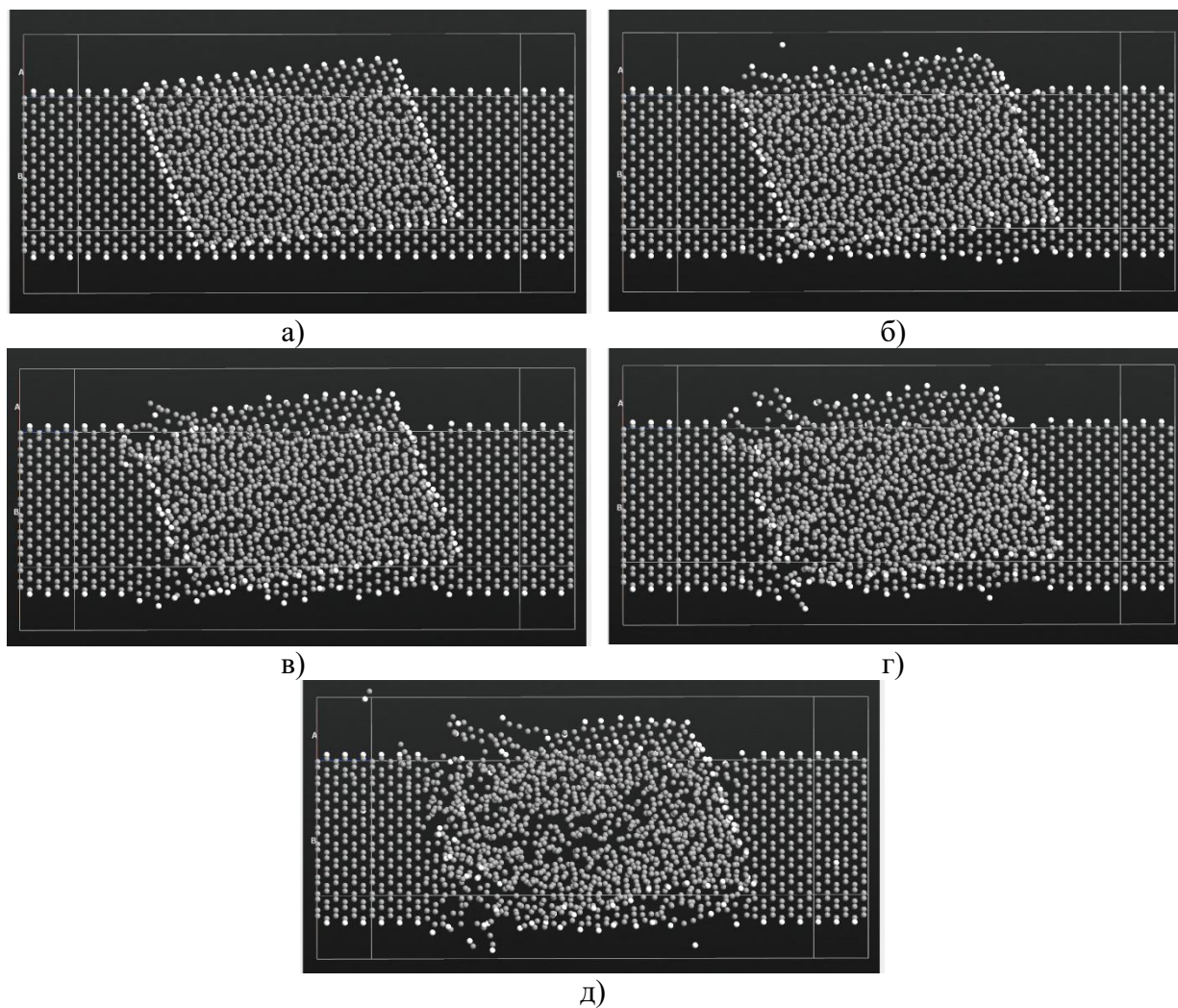


Рисунок 5. Разрушение муаровой биграфеновой структуры ($\Theta = 12^\circ$)

Таким образом, разрушение муаровых структур происходит по следующему сценарию. При воздействии ЭМИ в начальном этапе возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой. Далее с увеличением времени воздействия ЭМИ увеличивается как концентрация дефектов, так и амплитуда рябей. После чего возникают перемычки между графеновыми плоскостями. Далее наступает полное разрушения муаровых графеновых структур.

Отметим, что функционирование устройств существенно нарушается еще при возникновении перемычек между графеновыми плоскостями.

Несмотря на различные конструкции диода Шоттки и электронно-дырочного перехода процесс разрушения под действием мощного ЭМИ у них схожи. В экспериментальной работе [23] по изучению отказов и разрушения различных цифровых

микросхем, показано разрушения логического элемента И-НЕ на основе диода Шоттки. Как видно, выход логического элемента из строя сопровождался не только разрушением полупроводникового кристалла, но и выгоранием соединительных металлических проводов. В рамках данной НИР мы ограничились лишь рассмотрением разрушения полупроводниковой части моделей диодов Шоттки, а соединительные провода между элементами не учитывали.

Стало ясно, что термическое воздействие ЭМИ приводит к скручению (повороту в определенные углы) квазидвумерных структур Шоттки. Рассмотрим скрученные структуры типа «силицен – графен» (рисунок 6.). Известно, что чем выше амплитуда ЭМИ, тем выше термическое влияния данного ЭМИ на объекты. Тогда для моделирования такого рода влияния, рассмотрим поведение ВАХ скрученных структур от 0° до 70° с шагом 10° (рисунок 7.).

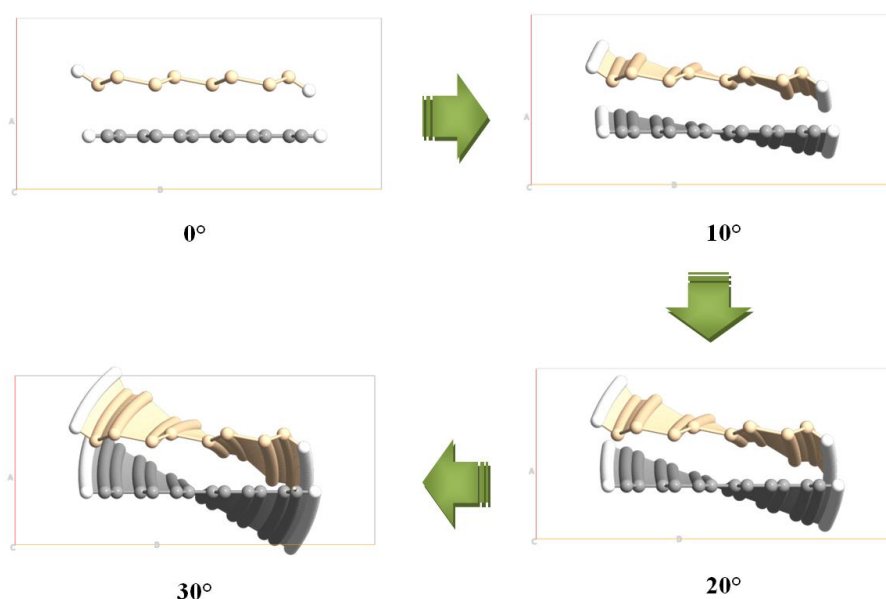


Рисунок 6. Скрученные структуры «силицен – графен»

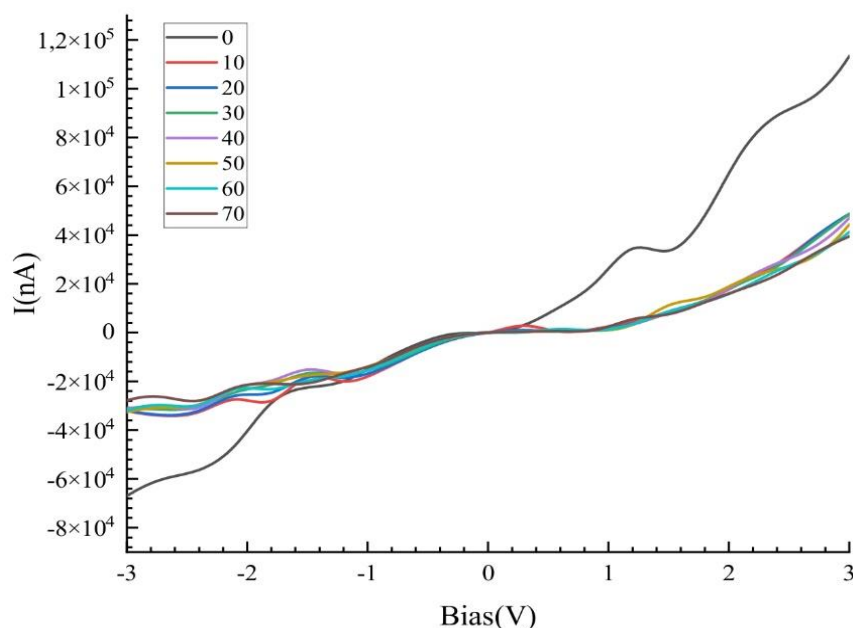


Рисунок 7. ВАХ скрученных структур «силицен – графен»

Как видно из рисунка 7, уже при повороте плоскости на 10° происходит существенное отклонение от заданной характеристики (черная кривая). Например, при напряжениях смещения 3В наблюдается понижение величины тока от значения $1,06 \cdot 10^5$ нА до $4,04 \cdot 10^4$ нА.

Таким образом, представленные результаты модельного исследования разрушения диодных структур Шоттки под воздействием мощных ЭМИ показывает, что в начальном этапе разрушения ЭМИ в квазидвумерных диодных структурах возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой. При относительно длительном воздействии импульса наблюдается увеличение концентрации дефектов и амплитуды рябей двумерных поверхностей. Выявлено, что в начальном этапе разрушения формируются межслоевые перемычки, вероятно радиационного происхождения. Обнаружено, что подобные перемычки электрически замыкают рабочих поверхностей диода, что приводит к существенному отклонению их электрических параметров от заданных.

Заклучение

Таким образом, в данной работе показано, что разрушение муаровых структур происходит по следующему сценарию: при воздействии ЭМИ в начальном этапе возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой, далее с увеличением времени воздействия ЭМИ увеличивается как концентрация дефектов, так и амплитуда рябей, после чего возникают перемычки между графеновыми плоскостями. Далее наступает полное разрушения муаровых графеновых структур. Также представлены результаты модельного исследования разрушения квазидвумерных диодных структур Шоттки на основе комбинации силицена, графена и дисульфида молибдена под воздействием мощного ЭМИ с применением методов молекулярной динамики. Показано, что в начальном этапе разрушения мощного ЭМИ квазидвумерных диодных структур возникают точечные дефекты и ряби с малой амплитудой. При относительно длительном воздействии импульса и увеличении амплитуды ЭМИ наблюдается увеличение концентрации дефектов и амплитуды рябей двумерных поверхностей. Выявлено, что в начальном этапе разрушения формируются межслоевые перемычки, вероятно радиационного происхождения. Обнаружено, что подобные перемычки электрически замыкают рабочих поверхностей диода, что приводит к существенному отклонению их электрических параметров от заданных.

Список использованных источников

- 1 Kruse V.J., Nickel D.L., Taylor E.R., Bonk J.J., Barnes P.R. Impacts of a Nominal Nuclear Electromagnetic Pulse on Electric-Power Systems – a Probabilistic Approach // IEEE Trans. Power Delivery. – 1991. – Vol. 6, N3. – P. 1251-1263.
- 2 Kichouliya R., Kumar P., Satav S.M., Babu U.R., Reddy G.S., Pande D.C. Investigation on Nuclear Electromagnetic Pulse Coupling to Instrumented EIDs // IEEE 2018 International Symposium on Electromagnetic Compatibility / EMC Europe, 2018. – P.870-874.
- 3 Ahn J.W., Song S., Ryu J.H., Jung M.S. A Marx-Type Electromagnetic Pulse Generator // In: Sabath F., Mokole E.L., Schenk U., Nitsch D. (eds) Ultra-Wideband, Short-Pulse Electromagnetics 7. Springer, New York, NY, 2007, pp. 433-439.
- 4 Li H., Zhang C., Wang L., Li Z., An Y., Liu X., Liang X. A Repetitive High-Current Pulse Generator Circuit Based on Multi-stage Pulse Transformers // IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics, vol. 9, no. 3, pp. 3189–3200, June 2021.
- 5 Sabath F. Threat of electromagnetic terrorism // in Proceedings of the EUROEM 2012. – P. 17.
- 6 Punitha L., Saravanan T., Varnika N. Impact of an Electromagnetic threat on cyberspace and cyber security against EM threat // in 2016 International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES), 2016

- 7 Abrams M. Dawn of the E-Bomb // IEEE Spectrum. – 2003. – Vol.40(11). – P. 24-30.
- 8 Hodakov A.M., Sergeev V.A., Gavrikov A.A. Thermoelectric processes in heterojunction LED under the influence of powerful microwave electromagnetic radiation // Zhurnal Radioelektroniki – Journal of Radio Electronics. – 2017. – No. 3. Available at <http://jre.cplire.ru/jre/mar17/6/text.pdf>.
- 9 Dobykin V.D. Dependence of the critical levels of damage in semiconductor structures under the action of high-power electromagnetic pulse on the pulse rise rate // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2011. – Vol. 56, No. 2. – P. 214-219.
- 10 Сергеев Д.М. Атомистическое моделирование разрушения полупроводниковых структур электромагнитными импульсами // Отчет о НИР. – 2024. – 87с.
- 11 Katsnelson M.I., Geim A.K. Electron scattering on microscopic corrugations in graphene // Philosophical Transactions A. – 2008. – Vol. 366. – P. 195-204.
- 12 Castro Neto A.H., Guinea F., Peres N.M.R., Novoselov K.S., Geim A.K. The electronic properties of graphene // Rev. Mod. Phys. – 2009. – Vol. 81. – P. 109-162.
- 13 Ratnikov P., Silin A. Two-dimensional graphene electronics: current status and prospects // Physics-Uspekhi. – 2018. – Vol.61, № 12. – P. 1139-1174.
- 14 Novoselov K. Graphene: mind the gap // Nature Materials. – 2007. – Vol.6, № 10. – P. 720-721.
- 15 Lebegue S., Klintonberg M., Eriksson O., Katsnelson M. Accurate electronic band gap of pure and functionalized graphene from GW calculations // Physical Review B. – 2009. – Vol.79, № 24. – P. 245117.
- 16 Giovannetti G., Khomyakov P., Brocks G., Paul J., Jeroen van den B. Substrate-induced band gap in graphene on hexagonal boron nitride: Ab initio density functional calculations // Physical Review B. – 2007. – Vol. 76, № 7. – P. 073103.
- 17 McCann E., Fal'ko V.I. Landau-Level Degeneracy and Quantum Hall Effect in a Graphite Bilayer // Phys. Rev. Lett. – 2006. – Vol. 96. – P. 086805.
- 18 Campanera J., Savini G., Suarez-Martinez I., Heggie M. Density functional calculations on the intricacies of Moiré patterns on graphite // Phys. Rev. B. – 2007. – Vol. 75, № 23. – P. 235449.
- 19 Cao Y. Unconventional superconductivity in magic-angle graphene superlattices // Nature. – 2018. – Vol. 556. – P. 43–50.
- 20 Guo W., Zhu C., Yu T., Woo C., Zhang B., Dai Y. Formation of sp³ Bonding in Nanoindented Carbon Nanotubes and Graphite // Phys. Rev. Lett. – 2004. – Vol. 93, № 24. – P. 245502.
- 21 Alymov G., Vyurkov V., Ryzhii V., Svintsov D. Abrupt current switching in graphene bilayer tunnel transistors enabled by van Hove singularities // Scientific Reports. – 2016. – Vol. 6, № 1. – P. 24654.
- 22 Camp M., Garbe H., Nitsch D. Influence of the technology on the destruction effects of semiconductors by impact of EMP and UWB pulses // Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility / Minneapolis, USA (19–23 August 2002). – 2002. – P. 87-92.

УДК 537.311.322

Е.Б.Айтболат, Қ. М.Оразхан

Казахский национальный университет имени Аль – Фараби,

Республика Казахстан, город Алматы

yenglikgul.ait@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВЗАИМНОЙ ДИФФУЗИИ НЕКОТОРЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СМЕСЕЙ ГАЗОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ

Аннотация: Коэффициенты взаимной диффузии углеводородных газов играют важную роль при решении различных научно-технических задач, связанных с массопереносом в химической, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, а также при очистке и разделении многокомпонентных систем. Исследование зависимости коэффициентов диффузии от межмолекулярных сил позволяет получить важные сведения о природе этих сил и параметрах межмолекулярного взаимодействия. Экспериментальные и теоретические методы расчета коэффициентов диффузии включают кинетическую теорию газов, теорию Энскога и полуэмпирические методы, такие как метод Фуллера, Шлеттера и Гидденгса. В статье проводится анализ различных подходов, включая экспериментальные исследования и моделирование коэффициентов диффузии в многокомпонентных газовых системах.

Ключевые слова: Коэффициенты диффузии, углеводородные газы, теория Чепмена-Энскога, потенциал Леннарда-Джонса, метод Фуллера, газовые смеси, массоперенос, кинетическая теория газов.

Введение

Коэффициенты взаимной диффузии углеводородных газов играют важную роль при решении различных научно-технических задач, связанных с проблемами массопереноса в химической, нефтеперерабатывающей, нефтехимической промышленности, при очистке и разделении многокомпонентных систем. С другой стороны, знание зависимости между коэффициентами диффузии и межмолекулярными силами позволяет получить некоторые важные сведения о природе этих сил и определить параметры межмолекулярного взаимодействия.

Молекулярная диффузия в газах протекает благодаря наличию разности концентрации в различных частях смеси и приводит к выравниванию концентрации по всему объему. Поэтому она является функцией молекулярных свойств обоих газов и изменяется с повышением (понижением) температуры и повышением (понижением) давления.

Экспериментальные значения коэффициентов взаимной диффузии для разреженных газовых систем достаточно изучены. Однако, при отсутствии данных наилучшие результаты получаются при использовании теоретического уравнения, основанного на строгой кинетической теории газов и значений потенциала Леннарда-Джонса для межмолекулярных сил [1, 2]. В то же время сравнение экспериментальных данных с расчетами теоретических моделей при повышенных давлениях показывает существенные отклонения, что требует разработки альтернативных подходов для описания таких систем.

Методы

Коэффициенты диффузии в строгой кинетической теории выражаются через систему интегралов столкновения $\Omega(l_s)$, которые описывают динамику столкновений молекул. Формула (1) хорошо описывает температурную и барическую зависимость разреженных газов. Однако сравнение экспериментальных данных коэффициентов

диффузии некоторых углеводородных газов с расчетами по строгой кинетической теории газов при повышенных давлениях и различных температурах показывают существенные

отклонения

$$[5-8].D_{12} = \frac{\sqrt{T^3 \frac{M_1+M_2}{2M_1M_2}}}{P \delta_{12}^2 \Omega_{12}^{(1,1)} * T_{12}^*} \quad (1)$$

Для описания взаимодействия молекул используется потенциальная функция Леннарда-Джонса:

$$\varphi(r) = 4\epsilon \left(\left(\frac{\delta}{r} \right)^{12} - \left(\frac{\delta}{r} \right)^6 \right) \quad (2)$$

Однако теория Энскога для плотных газов описывает зависимость коэффициента диффузии при повышенных давлениях следующим образом: $D_{12} = \frac{D_{12}^0}{Y_{12}}$ (3)

Существуют и полуэмпирические формулы, такие как метод Фуллера, Шлеттера и Гидденгса, [9] где:

$$D_{12} = \frac{10^{-3} T^{1.75} \sqrt{\frac{M_1+M_2}{M_1M_2}}}{P((\sum v_A)^{\frac{1}{3}} + (\sum v_B)^{\frac{1}{3}})^2} \quad (4)$$

Следует отметить, что в последние годы предложены ряд методов оценки расчета коэффициентов диффузии в различных газовых смесях [7-10]. Например, модель с использованием алгоритма оптимизации роя частиц (PSO) [7] для изучения температурной зависимости коэффициентов взаимной диффузии аргона в метан, окись углерода, водород, двуокись углерода, гелий и азот при давлении $P=101.325$ kPa в интервале температур (373.15–673.15 K). В этом исследовании с использованием алгоритма PSO было получено полуэмпирическое уравнение для расчета бинарного коэффициента диффузии газов для различных систем. В работе [8] приведены результаты измерений коэффициентов диффузии различными методами метана и этана в гелии и воздухе, оксида азота в гелии, озона в воздухе, пятиоксида азота и нитрата хлора в гелии и азоте. Экспериментальные результаты измерений были сравнены с коэффициентами диффузии, рассчитанными по теории Чепмена-Энскога с использованием уравнения (1) и методом Фуллера [6] с использованием уравнения (4). В статье [9] предложена новая модель расчета коэффициента диффузии многокомпонентного газа, основанная на методе Фуллера [6], матрице диффузии Фика и уравнении состояния газа, которая позволяет рассчитывать коэффициенты диффузии с учетом взаимодействия различных газовых компонентов. В работе [10] приведены и оценены имеющиеся экспериментальные данные по диффузии 20 атмосферных неорганических газов. Измеренные коэффициенты диффузии сравниваются с теми, которые оцениваются с помощью метода Фуллера, установлено, что в тех случаях, когда диффузионная способность следового газа не была измерена, этот метод может быть использован для оценки коэффициента диффузии.

Следует отметить, исследования механизмов массопереноса в многокомпонентной газовой среде и обобщение теоретических, экспериментальных и эмпирических данных по оценке коэффициентов диффузии при различных давлениях и температурах проведены во многих работах [11-14].

Результаты и обсуждения

В данной работе проанализированы экспериментальные данные температурной и барической зависимости коэффициентов взаимной диффузии некоторых углеводородных бинарных систем. За основу взяты строгая кинетическая теория газов Чепмана-Энскога, теория Энскога плотных газов для бинарных систем с поправкой Торна [3] и метод Фуллера, Шлеттера и Гидденгса, который в последнее время широко используется при расчетах коэффициентов диффузии различных систем газов [9].

В теории Энскога-Чепмана[4] коэффициенты диффузии выражены через систему интегралов ($\Omega^{(ls)}$), которые включают достаточно подробно всю динамику столкновения молекулы и следовательно, закон межмолекулярных сил.

При проведении теоретических расчетов коэффициентов диффузии выбор межмолекулярного потенциала очень важен. В наших расчетах для вычисления по формуле (1) был использован потенциал Леннарда-Джонса (2).

Результаты зависимости КВД от температуры представлены в Таблице 1 и Таблице 2, от давления в Таблице 3 и Таблице 4 соответственно.

При расчетах коэффициентов взаимной диффузии использовались значения диффузионных объемов (Σv), которые отличаются в зависимости от источника данных [2, 5]. В связи с этим коэффициенты диффузии, рассчитанные по данным различных источников, обозначены с соответствующими индексами (например, $D_{T(P)}^P$ для данных источника [2] и $D_{T(P)}^P$ для источника [5]), а также рассчитаны их процентные отклонения ($\Delta\%^P$, $\Delta\%^P$).

Относительное отклонение ($\Delta\%$) между экспериментальными коэффициентами диффузии (D_Σ) и теоретическими значениями (D_T) рассчитывается по формуле:

$$\Delta\% = \frac{D_T - D_\Sigma}{D_\Sigma} \cdot 100\% \quad (5)$$

№	P, МПа	T, К	D_Σ , см ² /с	D_T^P , см ² /с	$\Delta\%^P$	D_T^P , см ² /с	$\Delta\%^P$
Гексан-водород							
1	0,1	253	0,2225	0,2373	6,64%	0,2426	9,04%
2	0,1	263	0,2415	0,2539	5,15%	0,2596	7,51%
3	0,1	273	0,2597	0,2711	4,38%	0,2772	6,72%
4	0,1	283	0,2795	0,2887	3,28%	0,2952	5,61%
5	0,1	288,6	0,2914	0,2988	2,52%	0,3055	4,83%
6	0,1	288,7	0,288	0,2989	3,80%	0,3056	6,13%
7	0,1	293	0,3008	0,3068	1,98%	0,3137	4,28%
8	0,1	298	0,306	0,3160	3,26%	0,3231	5,58%
9	0,1	323	0,35	0,3638	3,95%	0,3720	6,29%
10	0,1	348	0,404	0,4145	2,61%	0,4238	4,91%
11	0,1	373	0,457	0,4680	2,42%	0,4786	4,72%
12	0,1	398	0,513	0,5243	2,20%	0,5361	4,50%
13	0,1	423	0,572	0,5833	1,97%	0,5964	4,27%
14	0,1	448	0,631	0,6450	2,21%	0,6594	4,51%
15	0,1	473	0,702	0,7093	1,03%	0,7252	3,30%
16	0,1	498	0,771	0,7761	0,67%	0,7936	2,93%
Бутан-водород							
1	0,1	273	0,331	0,3278	-0,96%	0,3357	1,43%
2	0,1	287,9	0,361	0,3598	-0,34%	0,3684	2,06%
3	0,1	298	0,36	0,3822	6,16%	0,3914	8,71%
4	0,1	323	0,436	0,4400	0,92%	0,4506	3,35%
5	0,1	348	0,498	0,5013	0,67%	0,5134	3,09%
6	0,1	354,2	0,507	0,5171	1,99%	0,5295	4,44%
7	0,1	373	0,55	0,5661	2,92%	0,5797	5,39%
8	0,1	398	0,614	0,6341	3,28%	0,6494	5,76%
9	0,1	423	0,678	0,7054	4,05%	0,7224	6,55%
10	0,1	430	0,763	0,7260	-4,85%	0,7435	-2,56%

№	P, МПа	T, К	Dэ, см²/с	Dт ^P , см²/с	Δ% ^P	Dт ^{II} , см²/с	Δ% ^{II}
11	0,1	448	0,746	0,7800	4,56%	0,7988	7,07%
12	0,1	473	0,819	0,8578	4,74%	0,8784	7,25%
13	0,1	498	0,889	0,9387	5,59%	0,9613	8,13%
Гептан-водород							
1	0,1	263	0,2122	0,2357	11,10%	0,2409	13,52%
2	0,1	273	0,239	0,2517	5,30%	0,2571	7,59%
3	0,1	283	0,2433	0,2680	10,16%	0,2739	12,56%
4	0,1	293	0,2848	0,2848	0,00%	0,2910	2,18%
5	0,1	298	0,278	0,2934	5,53%	0,2998	7,83%
6	0,1	303	0,286	0,3020	5,60%	0,3086	7,91%
7	0,1	303,1	0,283	0,3022	6,79%	0,3088	9,12%
8	0,1	313	0,3008	0,3197	6,28%	0,3267	8,60%
9	0,1	323	0,316	0,3378	6,89%	0,3451	9,22%
10	0,1	348	0,351	0,3848	9,64%	0,3932	12,03%
11	0,1	373	0,406	0,4345	7,03%	0,4440	9,36%
12	0,1	398	0,446	0,4868	9,14%	0,4974	11,52%
13	0,1	423	0,494	0,5415	9,62%	0,5533	12,01%
14	0,1	448	0,543	0,5988	10,27%	0,6118	12,68%
15	0,1	473	0,588	0,6585	11,98%	0,6728	14,43%
16	0,1	498	0,641	0,7206	12,41%	0,7363	14,87%
Октан-водород							
1	0,1	273	0,206	0,2358	14,45%	0,2408	16,88%
2	0,1	283	0,237	0,2511	5,95%	0,2564	8,19%
3	0,1	293	0,2533	0,2668	5,34%	0,2725	7,57%
4	0,1	303	0,2718	0,2830	4,11%	0,2890	6,32%
5	0,1	303,2	0,277	0,2833	2,27%	0,2893	4,44%
6	0,1	313	0,2908	0,2995	2,99%	0,3059	5,18%
7	0,1	323	0,31	0,3165	2,08%	0,3232	4,25%
8	0,1	333	0,333	0,3338	0,24%	0,3409	2,37%
Циклогексан-водород							
1	0,1	253	0,2459	0,2410	-1,99%	0,2471	0,48%
2	0,1	263	0,2671	0,2579	-3,44%	0,2644	-1,00%
3	0,1	273	0,2861	0,2753	-3,77%	0,2823	-1,34%
4	0,1	283	0,307	0,2932	-4,49%	0,3006	-2,08%
5	0,1	288,5	0,319	0,3033	-4,94%	0,3109	-2,54%
6	0,1	293	0,3265	0,3116	-4,57%	0,3194	-2,16%
7	0,1	303	0,3477	0,3304	-4,97%	0,3388	-2,57%
8	0,1	313	0,3731	0,3497	-6,26%	0,3586	-3,89%

Таблица 1. Сравнение коэффициентов взаимной диффузии при постоянном давлении, рассчитанных по методу Фуллера (4) с экспериментальными данными для некоторых систем.

№	P, МПа	T, К	Dэ, см²/с	Dт, см²/с	Δ%
Гексан-водород					
1	0,1	253	0,2225	0,2409	8,27%
2	0,1	263	0,2415	0,2585	7,03%

№	P, МПа	T, К	D _э , см ² /с	D _т , см ² /с	Δ%
3	0,1	273	0,2597	0,2766	6,51%
4	0,1	283	0,2795	0,2953	5,65%
5	0,1	288,6	0,2914	0,3060	5,01%
6	0,1	288,7	0,288	0,3062	6,31%
7	0,1	293	0,3008	0,3145	4,56%
8	0,1	298	0,306	0,3243	5,99%
9	0,1	323	0,35	0,3755	7,28%
10	0,1	348	0,404	0,4299	6,42%
11	0,1	373	0,457	0,4877	6,72%
12	0,1	398	0,513	0,5487	6,96%
13	0,1	423	0,572	0,6129	7,16%
14	0,1	448	0,631	0,6803	7,82%
15	0,1	473	0,702	0,7509	6,96%
16	0,1	498	0,771	0,8245	6,95%
Бутан-водород					
1	0,1	273	0,331	0,3597	8,68%
2	0,1	287,9	0,361	0,3967	9,90%
3	0,1	298	0,36	0,4227	17,43%
4	0,1	323	0,436	0,4904	12,47%
5	0,1	348	0,498	0,5625	12,96%
6	0,1	354,2	0,507	0,5811	14,62%
7	0,1	373	0,55	0,6392	16,22%
8	0,1	398	0,614	0,7204	17,32%
9	0,1	423	0,678	0,8059	18,87%
10	0,1	430	0,763	0,8307	8,87%
11	0,1	448	0,746	0,8958	20,08%
12	0,1	473	0,819	0,9901	20,89%
13	0,1	498	0,889	1,0886	22,45%
Гептан-водород					
1	0,1	263	0,2122	0,2409	13,52%
2	0,1	273	0,239	0,2571	7,59%
3	0,1	283	0,2433	0,2739	12,56%
4	0,1	293	0,2848	0,2910	2,18%
5	0,1	298	0,278	0,2998	7,83%
6	0,1	303	0,286	0,3086	7,91%
7	0,1	303,1	0,283	0,3088	9,12%
8	0,1	313	0,3008	0,3267	8,60%
9	0,1	323	0,316	0,3451	9,22%
10	0,1	348	0,351	0,3932	12,03%
11	0,1	373	0,406	0,4440	9,36%
12	0,1	398	0,446	0,4974	11,52%
13	0,1	423	0,494	0,5533	12,01%
14	0,1	448	0,543	0,6118	12,68%
15	0,1	473	0,588	0,6728	14,43%
16	0,1	498	0,641	0,7363	14,87%
Октан-водород					

№	P, МПа	T, К	Dэ, см²/с	Dт, см²/с	Δ%
1	0,1	273	0,206	0,2090	1,43%
2	0,1	283	0,237	0,2232	-5,84%
3	0,1	293	0,2533	0,2378	-6,11%
4	0,1	303	0,2718	0,2529	-6,96%
5	0,1	303,2	0,277	0,2532	-8,60%
6	0,1	313	0,2908	0,2684	-7,72%
7	0,1	323	0,31	0,2843	-8,31%
8	0,1	333	0,333	0,3006	-9,74%
Циклогексан-водород					
1	0,1	253	0,2459	0,2400	-2,40%
2	0,1	263	0,2671	0,2577	-3,51%
3	0,1	273	0,2861	0,2760	-3,53%
4	0,1	283	0,307	0,2948	-3,96%
5	0,1	288,5	0,319	0,3054	-4,25%
6	0,1	293	0,3265	0,3142	-3,75%
7	0,1	303	0,3477	0,3342	-3,88%
8	0,1	313	0,3731	0,3547	-4,92%

Таблица 2. Сравнение коэффициентов взаимной диффузии при постоянном давлении, рассчитанных по теории Чепмана-Энскога (1) с экспериментальными данными для некоторых систем.

№	P, МПа	T, К	Dэ, см²/с	Dт ^P , см²/с	Δ% ^P	Dт ^{II} , см²/с	Δ% ^{II}
Пропан-двуокись углерода							
1	0,5	253,2	0,118	0,141	19,49%	0,0576	-51,17%
2	1	253,2	0,0592	0,0702	18,5%	0,0288	-51,33%
3	1,5	253,2	0,041	0,046	12,1%	0,0192	-53,15%
4	2	253,2	0,0297	0,035	17,8%	0,0144	-51,50%
5	2,2	253,2	0,0273	0,031	13,5%	0,0131	-52,03%
1	1	273,2	0,0696	0,0803	15,3%	0,0329	-52,72%
2	1,5	273,2	0,0457	0,0535	17,06%	0,0219	-51,99%
3	2	273,2	0,035	0,0401	14,5%	0,0165	-52,99%
4	2,5	273,2	0,028	0,0321	14,6%	0,0132	-52,99%
5	3	273,2	0,0224	0,0267	19,1%	0,0110	-51,03%
6	3,5	273,2	0,0191	0,0229	19,8%	0,0094	-50,77%
7	4	273,2	0,0169	0,0201	18,9%	0,0082	-51,32%
1	1	293,2	0,0826	0,0908	9,9%	0,0372	-54,91%
2	2	293,2	0,0407	0,0454	11,5%	0,0186	-54,25%
3	3	293,2	0,0265	0,0302	13,9%	0,0124	-53,16%
4	4	293,2	0,0191	0,0227	18,8%	0,0093	-51,25%
5	5	293,2	0,0156	0,0181	16,02%	0,0074	-52,25%
6	6	293,2	0,0126	0,01514	20,1%	0,0062	-50,74%
7	7	293,2	0,0106	0,0129	21,6%	0,0053	-49,81%
8	8	293,2	0,009	0,0113	25,5%	0,0047	-48,28%

№	P, МПа	T, К	D _э , см ² /с	D _{т^P} , см ² /с	Δ% ^P	D _{т^П} , см ² /с	Δ% ^П
1	1	313,2	0,09	0,1019	13,2%	0,0418	-53,56%
2	2	313,2	0,0447	0,0509	13,8%	0,0209	-53,24%
3	4	313,2	0,0224	0,0254	13,3%	0,0105	-53,35%
4	6	313,2	0,0139	0,0169	21,5%	0,0070	-49,88%
5	8	313,2	0,0105	0,0127	20,9%	0,0052	-50,24%
6	10	313,2	0,0081	0,0101	24,6%	0,0042	-48,39%
7	12	313,2	0,00656	0,0084	28,04%	0,0035	-46,90%
8	13	313,2	0,006	0,0078	30%	0,0032	-46,41%
1	1	333,2	0,107	0,1136	6,1%	0,0466	-56,46%
2	3	333,2	0,0336	0,0378	12,5%	0,0155	-53,79%
3	5	333,2	0,0205	0,0227	10,7%	0,0093	-54,55%
4	10	333,2	0,00927	0,0113	21,8%	0,0047	-49,75%
5	15	333,2	0,00605	0,0075	23,9%	0,0031	-48,67%
6	18	333,2	0,00494	0,0063	27,5%	0,0026	-47,61%
7	20	333,2	0,0426	0,0056	31,4%	0,0023	-94,53%
1	1	350	0,1054	0,1238	17,4%	0,0508	-51,83%
2	2	350	0,0521	0,0619	18,8%	0,0254	-51,28%
3	4	350	0,02558	0,0309	20,7%	0,0127	-50,38%
4	6	350	0,0167	0,0206	23,3%	0,0085	-49,33%
5	10	350	0,00954	0,0123	28,9%	0,0051	-46,78%
6	15	350	0,00595	0,0082	37,8%	0,0034	-43,11%
Пентан-двуокись углерода							
1	1,01	311	0,0676	0,07293	7,8%	0,0338	-50,05%
2	10,8	311	0,00634	0,00682	7,5%	0,0032	-50,19%
3	21,4	311	0,00311	0,00344	10,6%	0,0016	-48,75%
4	33,2	311	0,00223	0,00221	0,8%	0,0010	-53,93%
5	41	311	0,00182	0,00179	1,6%	0,0008	-54,29%
6	52,4	311	0,00098	0,00141	43,8%	0,0007	-33,58%
1	1,01	323	0,0742	0,0779	4,9%	0,0361	-51,37%
2	10,6	323	0,00729	0,00742	1,7%	0,0034	-52,84%
3	19,2	323	0,00375	0,00409	9,1%	0,0019	-49,38%
4	27,7	323	0,00289	0,00284	1,7%	0,0013	-54,48%
5	40,2	323	0,00196	0,00195	0,5%	0,0009	-53,75%
6	49,2	323	0,00174	0,00159	8,6%	0,0007	-57,43%
1	1,01	344	0,0832	0,08701	15,7%	0,0403	-51,58%
2	9,7	344	0,00913	0,00905	16,02%	0,0042	-54,05%
3	17,1	344	0,0046	0,00513	16,5%	0,0024	-48,27%
4	29,9	344	0,00302	0,00293	17,2%	0,0014	-54,94%
5	40,6	344	0,00229	0,00216	13,6%	0,0010	-56,23%
6	55,9	344	0,0204	0,00157	12,1%	0,0007	-96,43%

№	P, МПа	T, К	D _э , см ² /с	D _т ^P , см ² /с	Δ% ^P	D _т ^{II} , см ² /с	Δ% ^{II}
7	69,1	344	0,0017	0,00127	25,2%	0,0006	-65,36%

Таблица 3. Сравнение коэффициентов взаимной диффузии при постоянной температуре, рассчитанных по методу Фуллера (4) с экспериментальными данными для некоторых систем.

№	P, МПа	T, К	D _э , см ² /с	D _т , см ² /с	Δ%
Пропан-двуокись углерода					
1	0,5	253,2	0,118	0,1156	1,7%
2	1	253,2	0,0592	0,0578	2,4%
3	1,5	253,2	0,041	0,0385	6,1%
4	2	253,2	0,0297	0,0289	2,7%
5	2,2	253,2	0,0273	0,0263	3,7%
1	1	273,2	0,0696	0,06702	8,6%
2	1,5	273,2	0,0457	0,04468	8,7%
3	2	273,2	0,035	0,03351	8,5%
4	2,5	273,2	0,028	0,02681	8,5%
5	3	273,2	0,0224	0,02234	8,9%
6	3,5	273,2	0,0191	0,01915	9,02%
7	4	273,2	0,0169	0,01675	8,9%
1	1	293,2	0,0826	0,07669	7,15%
2	2	293,2	0,0407	0,03834	5,8%
3	3	293,2	0,0265	0,02556	3,5%
4	4	293,2	0,0191	0,01917	0,36%
5	5	293,2	0,0156	0,01534	1,66%
6	6	293,2	0,0126	0,01278	1,43%
7	7	293,2	0,0106	0,01096	3,4%
8	8	293,2	0,009	0,00959	6,5%
1	1	313,2	0,09	0,0868	3,55%
2	2	313,2	0,0447	0,0434	2,9%
3	4	313,2	0,0224	0,0217	3,1%
4	6	313,2	0,0139	0,01447	4,1%
5	8	313,2	0,0105	0,01085	3,3%
6	10	313,2	0,0081	0,00868	7,2%
7	12	313,2	0,00656	0,00723	10,2%
8	13	313,2	0,006	0,00668	11,3%
1	1	333,2	0,107	0,0979	8,5%
2	3	333,2	0,0336	0,0326	2,9%
3	5	333,2	0,0205	0,0196	4,4%
4	10	333,2	0,00927	0,0098	5,7%
5	15	333,2	0,00605	0,0065	7,4%
6	18	333,2	0,00494	0,0054	9,3%

№	P, МПа	T, К	D _э , см ² /с	D _т , см ² /с	Δ%
7	20	333,2	0,0426	0,0049	15,02%
1	1	350	0,1054	0,1075	1,9%
2	2	350	0,0521	0,0538	3,3%
3	4	350	0,02558	0,0269	5,2%
4	6	350	0,0167	0,0179	7,2%
5	10	350	0,00954	0,0108	13,2%
6	15	350	0,00595	0,0072	21,01%
Пентан-двуокись углерода					
1	1,01	311	0,0676	0,0617	8,7%
2	10,8	311	0,00634	0,0058	8,5%
3	21,4	311	0,00311	0,0029	6,7%
4	33,2	311	0,00223	0,0019	14,7%
5	41	311	0,00182	0,0015	17,5%
6	52,4	311	0,00098	0,0012	22,4%
1	1,01	323	0,0742	0,0664	10,5%
2	10,6	323	0,00729	0,0063	13,5%
3	19,2	323	0,00375	0,0035	6,6%
4	27,7	323	0,00289	0,0024	16,9%
5	40,2	323	0,00196	0,0017	13,2%
6	49,2	323	0,00174	0,0014	19,5%
1	1,01	344	0,0832	0,0752	9,6%
2	9,7	344	0,00913	0,0078	14,5%
3	17,1	344	0,0046	0,0044	4,3%
4	29,9	344	0,00302	0,0025	17,2%
5	40,6	344	0,00229	0,0019	17,03%
6	55,9	344	0,0204	0,0014	93,1%
7	69,1	344	0,0017	0,0011	35,2%

Таблица 4. Сравнение коэффициентов взаимной диффузии при постоянной температуре, рассчитанных по теории Чепмена-Энскога (1) с экспериментальными данными для некоторых систем.

Заклучение

Анализ теоретических моделей, таких как теория Чепмена-Энскога и метод Фуллера, продемонстрировал их пригодность для расчета коэффициентов диффузии при различных давлениях и температурах. Однако выявлены значительные отклонения теоретических расчетов от экспериментальных данных при высоких давлениях, что подтверждает необходимость использования модифицированных теорий, таких как теория Энскога плотных газов.

Сравнение результатов экспериментов и расчетов различных моделей позволяет утверждать, что комбинированный подход с учетом как теоретических, так и эмпирических методов дает наиболее точные результаты. Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение межмолекулярных потенциалов, развитие новых алгоритмов

оптимизации и расширение базы экспериментальных данных для многокомпонентных систем.

Такой подход дает возможность оценить применимость различных методов расчета коэффициентов диффузии для бинарных углеводородных систем и проанализировать их точность в зависимости от температуры и давления.

Список использованных источников

1. Hirschfelder J. O., Curtiss Ch. F., Bird R. B. Molecular theory of gases and liquids. John Wiley and Sons, INC., New York Chapman and Hall, LIM., London, 1954.
2. Poling B. E., Prausnitz J. M., O'Connell J. P.: The Properties of Gases and Liquids, McGraw-Hill, New York, 5th Ed., 2004.
3. Thorne K. S. Transport coefficients of dense binary gas mixtures. Phys. Fluids, 9, 1271–1279, <https://doi.org/10.1063/1.1761928>, 1966.
4. Chapman S., Cowling T. G.: The Mathematical Theory of Non-uniform Gases, 3rd ed., Cambridge University Press, Cambridge, 1970.
5. Reid R. C., Prausnitz, J. M., Sherwood, T. K. The Properties of Gases and Liquids (3rd ed.). New York: McGraw-Hill., 1977.
6. Fuller E. N., Schettler P. D., Giddings J. C. New Method for Prediction of Binary Gas-phase Diffusion Coefficients, Ind. Eng.Chem., 58, 18–27, <https://doi.org/10.1021/ie50677a007>, 1966.
7. Oudi A., Hosseini M., Azimi S., Davoodbeygi Y. Modeling of Diffusion Coefficients for Binary Gas at P=101.325 kPa using Particle Swarm Optimization Algorithm. Journal of Chemical and Petroleum Engineering (JChPE). 2022; 56(2): 317-329.
8. Stefan Langenberg, Torsten Carstens, Dirk Hupperich, Silke Schweighoefer, and Ulrich Schurath. Technical note: Determination of binary gas-phase diffusion coefficients of unstable and adsorbing atmospheric trace gases at low temperature – arrested flow and twin tube method. Atmos. Chem. Phys., 20, 3669–3682, 2020
9. Wenlong Jia, Qingyang Ren, Hao Zhang, Ming Yang, Xia Wu, Changjun Li. Multicomponent leakage and diffusion simulation of natural gas/hydrogen mixtures in compressor plants. Safety Science 157 (2023) 105916.
10. Tang M. J., Cox R. A., Kalberer M. Compilation and evaluation of gas-phase diffusion coefficients of inorganic reactive trace gases in the atmosphere. Atmos. Chem. Phys. Discuss., 14, 15645–15682, 2014.
11. Ram R. Ratnakar, Birol Dindoruk. The Role of Diffusivity in Oil and Gas Industries: Fundamentals, Measurement, and Correlative Techniques. Processes 2022, 10, 1194.
12. Melzi N., Khaouane L., Ammi Y., Hanini S., Laidi M., Zentou H. Comparative Study of Predicting the Molecular Diffusion Coefficient for Polar and Non-polar Binary Gas Using Neural Networks and Multiple Linear Regressions. Kem. Ind. 68 (11-12) (2019) 573–582.
13. Calculation of Viscosity and Diffusion. Coefficients in Binary Mixtures of Dilute Gases. Bogatyrev A.F., Makeenkova O.A., Belalov V.R., Kucherenko M.A. Advanced Studies in Theoretical Physics Vol. 11, 2017, no. 6, 283 – 296
14. Moldabekova M.S., Mukamedenkyzy V., Asembayeva M.K., Tolepbergen A.G. Investigation of the diffusion of two gases equally diluted with different ballast gases. Recent Contributions to Physics. №2 (89). 2024.

УДК 53:37.016

А.Ж.Имангазина

*Т.Ж. Бигелдинов атындағы Әуе қорғанысы күштерінің Әскери институты,
Қазақстан Республикасы, Ақтөбе қаласы
masek08@mail.ru*

ҒАРЫШ АППАРАТТАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН МОДЕЛЬДЕУ

Аңдатпа: Бұл статъяда MathCAD бағдарламасын пайдалана отырып, ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу қарастырылады. Қазіргі ғарышты игеру жағдайында ғарыштық аппараттардың қозғалыс траекторияларын дәл болжап, сәтті орындау үшін әртүрлі миссияларды, мысалы, спутниктерді ұшыру, планетаралық саяхаттар және астероидтарды зерттеу маңызды болып табылады [2]. Жұмыс барысында ғарыштық аппараттардың қозғалысының негізінде жатқан негізгі математикалық модельдер мен физикалық принциптер, мысалы, Ньютон заңдары, гравитация және қозғалыс динамикасы қарастырылады. Сандық әдістерді, мысалы, Эйлер әдісі және Рунге-Кутта әдісін пайдалана отырып, MathCAD-та қозғалыс теңдеулерін интеграциялау жүзеге асырылады, бұл әртүрлі ұшу сценарийлерін модельдеуге мүмкіндік береді. Аспан денелерінің гравитациялық өрістерінің ықпалын бағалау, сондай-ақ ғарышқа шығу кезінде туындайтын жағдайлар да осы зерттеудің аясында қарастырылады [5]. Модельдеу нәтижелері аппараттардың позициялары мен жылдамдықтары туралы дәл деректер алуға, сондай-ақ олардың қозғалыс траекторияларын визуализациялайтын графиктер жасауға мүмкіндік береді. Жұмыс сандық модельді жасау процесін айқын көрсетеді және ғарыш динамикасы саласындағы міндеттерді шешуде қазіргі технологияларды қолданудың маңызды екенін атап өтеді. Алынған нәтижелер ғарыштық жобалау мен миссияларды жоспарлау саласындағы келешектегі зерттеулер мен әзірлемелер үшін негіз бола алады [1]. Ғарыштық аппараттардың қозғалысын модельдеу астрофизика және ғарыштық жүйелер инженериясы саласындағы маңызды міндет болып табылады. Ғарыштық аппараттардың ұшу траекторияларын дұрыс түсіну және болжау ғарыштық миссиялардың сәттілігіне елеулі әсер етеді. Ғарыш жағдайында аппараттар аспан денелерінің гравитациялық өрістері, ғарышқа шығу кезіндегі атмосфералық кедергі және курс түзету үшін мүмкін маневрлер сияқты әртүрлі факторлардың ықпалына ұшырайды. Қазіргі есептеулерде ғарыштық аппараттардың қозғалыс динамикасын дәл сипаттауға мүмкіндік беретін әртүрлі сандық әдістер кеңінен қолданылады [4]. Мұндай есептеулер үшін пайдалы құралдардың бірі - MathCAD бағдарламасы, ол теңдеулерді тиімді шешуге және модельдеу нәтижелерін визуализациялауға мүмкіндік береді. Бұл жобалада космикалық аппараттың қозғалыс математикалық моделін құрудың негіздері, соның ішінде қозғалыс теңдеулерін құрастыру және оларды MathCAD-та іске асыру қарастырылады.

Түйін сөздер: Бағдарламалық қамтамасыз ету; орбиталық қозғалыс; ғарыш аппараттары, MathCAD.

Annotation: This article discusses modeling the motion of spacecraft using the MathCAD program. In the context of modern space exploration, it is important to accurately predict the trajectories of spacecraft for the successful completion of various missions, such as satellite launches, interplanetary travel and asteroid exploration. In the course of the work, the main mathematical models and physical principles underlying the motion of spacecraft, such as Newton's laws, gravity and motion dynamics, will be considered. Numerical methods such as the Euler method and the Runge-Kutta method are used to integrate equations of motion into MathCAD, which makes it possible to simulate various flight scenarios. Also, within the framework of this study, estimates of the influence of gravitational fields of celestial bodies and conditions arising during space entry are considered. The simulation results allow us to obtain

accurate data on the positions and speeds of the vehicles, as well as create graphs visualizing their trajectories. The work clearly demonstrates the process of creating a numerical model and emphasizes the importance of using modern technologies to solve problems in the field of space dynamics. The results obtained can become the basis for future research and development in the field of space design and mission planning. Modeling the motion of spacecraft is an important task in astrophysics and space systems engineering. Understanding and predicting spacecraft flight paths significantly affects the success of space missions. In space, spacecraft are exposed to various factors, such as the gravitational fields of celestial bodies, atmospheric resistance during space entry and possible maneuvers to correct the course. Various numerical methods are widely used in modern calculations to accurately describe the dynamics of spacecraft motion. One of the useful tools for such calculations is the MathCAD program, which allows you to effectively solve equations and visualize simulation results. This project examines the basics of creating a mathematical model of spacecraft motion, including the construction of equations of motion and their implementation in MathCAD.

Keywords: Software; orbital motion; spacecraft, MathCAD.

Аннотация: В этой статье рассматривается моделирование движения космических аппаратов с помощью программы MathCAD. В условиях современного освоения космоса важно точно прогнозировать траектории движения космических аппаратов для успешного выполнения различных миссий, таких как запуск спутников, межпланетные путешествия и исследование астероидов. В ходе работы будут рассмотрены основные математические модели и физические принципы, лежащие в основе движения космических аппаратов, такие как законы Ньютона, гравитация и динамика движения. С помощью численных методов, таких как метод Эйлера и метод Рунге-Кутты, осуществляется интеграция уравнений движения в MathCAD, что позволяет моделировать различные сценарии полета. Также в рамках данного исследования рассматриваются оценки влияния гравитационных полей небесных тел и условия, возникающие при выходе в космос. Результаты моделирования позволяют получить точные данные о позициях и скоростях аппаратов, а также создавать графики, визуализирующие их траектории движения. Работа наглядно демонстрирует процесс создания численной модели и подчеркивает важность применения современных технологий для решения задач в области космической динамики. Полученные результаты могут стать основой для будущих исследований и разработок в области космического проектирования и планирования миссий. Моделирование движения космических аппаратов является важной задачей в астрофизике и инженерии космических систем. Понимание и прогнозирование траекторий полета космических аппаратов существенно влияет на успех космических миссий. В космосе аппараты подвергаются воздействию различных факторов, таких как гравитационные поля небесных тел, атмосферное сопротивление при выходе в космос и возможные маневры для коррекции курса. В современных расчетах широко применяются различные численные методы, позволяющие точно описать динамику движения космических аппаратов. Одним из полезных инструментов для таких расчетов является программа MathCAD, которая позволяет эффективно решать уравнения и визуализировать результаты моделирования. В этом проекте рассматриваются основы создания математической модели движения космического аппарата, включая построение уравнений движения и их реализацию в MathCAD.

Ключевые слова: Программное обеспечение; орбитальное движение; космический аппарат, MathCAD.

Кіріспе

Электрондық есептеу машиналары пайда болғанға дейін физикалық құбылыстар және объектілер теориялық және физика ғылымының эксперименттік әдістері арқылы зерттелді. Бүгінгі күні барлық ғалымдар компьютерлік сауаттылық бұл зерттеушінің

маңызды қасиеттердің бірі екенін жақсы түсінеді. Бұл бағдарламалар физиканың заңдары мен заңдылықтары негізінде жасалады. Алайда, аналитикалық тәсілдер көмегімен шешілмейтін физикалық процестердің математикалық теңдеулер жиі кездеседі. Қазіргі заманғы компьютерлер осы қиындықтарды, шешімдерді ұтымды және көрнекі етеді.

Есептеу эксперименттері физикадан алынған теориялық білім негізінде жасалған математикалық модельдер негізінде жүзеге асырылады. Мұндай эксперименттер арқылы ғалымдар физикалық жүйелердің мінез-құлқын болжай алады және олардың қасиеттерін талдай алады, бұл дәстүрлі эксперименттік әдістермен жиі қиын немесе мүмкін емес [7].

Осылайша, есептеу физикасы теория мен практика арасындағы байланыс қызметін атқарады, физиктерге гипотезаларды тексеруге, процестерді визуализациялауға және одан әрі зерттеу үшін пайдалануға болатын деректерді алуға мүмкіндік береді. Есептеу эксперименттерінің нәтижелері олардың дұрыстығын растау үшін нақты эксперименттік деректермен тексерілуі керек екенін ескеру маңызды.

Ғарыш аппараттарының қозғалысын модельдеу – ғарыш объектілерінің траекторияларын, маневрлерін және динамикасын зерттеуді қамтитын маңызды зерттеу саласы. Бұған қол жеткізу үшін әртүрлі әдістер мен құралдар, соның ішінде сандық модельдеу, аналитикалық шешімдер және орбитаны есептеу бағдарламалық құралдары қолданылады [5].

Есептеу эксперименттері физикалық процестерді компьютерлік модельдеу жағдайларында жүзеге асырылады. Бұл процедуралар дәл болар нәтижелер алуға мүмкіндік береді, кейде бұл теориялық физика құралдарын пайдаланған кезде орындалмайды. Есептеу эксперименттерінің тағы бір артықшылығы - олардың көмегімен натуралды эксперименттерге қол жеткізілмейтін жағдайларда нәтижелерге жетуге болады.

«Есептеу эксперименттерін жүзеге асыру үшін мынадай әрекеттер ретін сақтау керек: зерттелетін объектінің физикалық моделін жасау - объектінің математикалық моделін құрастыру - компьютерлік бағдарламаны жасау және іске асыру - эксперимент нәтижелерін рәсімдеу» [7].

Есептеу экспериментінің нәтижелері ретінде мыналарды алуға болады: физикалық объектінің параметрлерін табу; физикалық процестер мен құбылыстардың кешенді зерттелуі; физикалық шамалар арасындағы тәуелділікті сипаттайтын графикті құрастыру; материалдық нүктелер немесе бөлшектердің қозғалыс траекториясын табу; физикалық құбылыстарды анимация түрінде модельдеу (имитациялық модельдеу) және т.б. Математикалық модель формулалар мен теңдеулер түрінде жасалады [3-7].

Модельдеудің негізгі аспектілері

1. Қозғалыс заңдары: модельдеудің негізін Ньютонның қозғалыс заңдары және ғарыштағы денелер арасындағы өзара әрекеттесуді сипаттайтын тартылыс заңы құрайды.

2. Орбиталық механика: бұл гравитациялық күштердің әсерінен денелердің қозғалысын зерттейтін механиканың бөлімі. Эклиптика, Орбита параметрлері, перигей және апогей сияқты ұғымдарды қамтиды.

3. Сандық әдістер: ғарыш аппараттарының траекторияларын есептеу үшін Сандық әдістер (мысалы, Эйлер әдісі, Рунге-Кутта әдісі) жиі қолданылады, әсіресе аналитикалық шешімдер мүмкін болмаған кезде.

4. Ғарыштық миссиялар: модельдеу ғарыштық миссияларды жоспарлау үшін қажет, соның ішінде әртүрлі орбиталарға жету, басқа аппараттармен түйісу және Жерге оралу үшін есептеулер.

5. Модельдеу және бағдарламалық жасақтама: модельдеуге арналған көптеген бағдарламалар бар, мысалы:

*STK (Systems ToolKit)

GMAT (General Mission Analysis Tool)

MATLAB және оның орбиталық талдау құралдары.

Алдымен ұшудың Жердің гравитациялық өрісінің әсерінен болатын бөлігін қарастырайық. Алғашында ғарыштық аппарат тек Жердің тартылыс күшінің әсерінен геоцентрлік орбитада қозғалады деп болжаймыз. Жердің тірек жүйесіндегі ғарыш аппараттары қозғалысын Ньютонның екінші заңы арқылы сипаттауға болады:

$$a = \frac{F_3}{m}$$

Зерттеу әдісі

Ғарыш аппараттарының қозғалысын MatCAD (немесе MathCAD) бағдарламасында модельдеу динамикасын сипаттайтын математикалық модельді әзірлеу және содан кейін осы модельді симуляциялау арқылы жүзеге асырылады. Төменде осы процесс кезінде көмектесетін негізгі қадамдар мен сәттер берілген [3].

1. Негізгі қозғалыс теңдеулерін анықтау [4].

Ғарыш аппараттың қозғалысын MatCAD-да модельдеу үшін механика негіздерін қолдану қажет. Ең таралған теңдеулерге мыналар жатады:

- Бүкіләлемдік тартылыс заңғы бойынша:

$$F = \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

мұндағы F —екі дене арасындағы ауырлық күш,

G — гравитациялық тұрақты,

m_1 и m_2 — дене массалары,

r — ара қашықтық.

$$a = \frac{F}{m}$$

мұндағы a — үдеу,

F — қорытқы күш,

m —аппарат массасы.

2. Сандық моделді тұрғызу.

Тапсырманы есептеу үшін Эйлер және Рунге-Кутты әдістерін қолдануға болады. Мысалы, Эйлер әдісі үшін:

-Бастапқы шарттарды анықтаңыздар (бастапқы жылдамдық, күйі және т.б.).

- Ғарыш аппаратының күйін және жылдамдығын жаңартып отыру қажет

$$v_{n+1} = v_n + a_n \cdot \Delta t$$

$$r_{n+1} = r_n + v_n \cdot \Delta t$$

мұндағы Δt — уақыт қадамы.

3. MathCAD-та имплементациялау

1. MathCAD-та жаңа бет ашыңыздар.

2. Бастапқы шарттарды және тұрақтыларды анықтаңыздар.

$G:=6.674 \cdot 10^{(-11)}$ // Гравитациялық тұрақты

$m_1:=5.972 \cdot 10^{24}$ // Жердің массасы

$m_2:=1000$ // Ғарыштық аппарат массасы

$r_0:= 7000 \cdot 10^3$ // Жердің центрінен бастапқы ара қашықтығы

$v_0:= 0$ // Бастапқы жылдамдық

$dt:= 10$ // Уақыт қадамы

3. Айнымалыларды қолданып, күшті және үдеуді анықтайтын теңдеулерді аламыз:

$$F:= \frac{G \cdot m_1 \cdot m_2}{r^2} \quad a:= \frac{F}{m_2}$$

4. Жылдамдықты және күйді жаңарту үшін, итеративті цикл жасаймыз. Ол үшін массивтерді немесе «for» функциясын қолданамыз:

for n := 0, 1000 do
 $v[n+1] := v[n] + a[n] * dt$
 $r[n+1] := r[n] + v[n] * dt$

4. Қорытынды талдауы.

Модельдеуді аяқтағаннан кейін, алынған қорытындылардың дұрыстығын тексеру қажет. Белгілі шамамен траекторияның дұрыстығын салыстырып, тексереміз.

Нәтижелер мен талқылаулар

Жерге қатысты ғарыш станциясынан ұшырылған шағын ғарыш аппаратының траекториясын моделдеуді қарастырайық. Ұшыру станциясының қозғалысына қарама-қарсы, оның орбитасына жанама бағытта жүзеге асырылады [6].

$M := 6 \cdot 10^{24}$ - Жердің массасы

$G := 6.67 \cdot 10^{-11}$ - гравитациялық тұрақты

$x := 1000$ - бастапқы координаталары

$y := 0$

$v := 20$ - бастапқы жылдамдық

$R := \sqrt{x^2 + y^2}$ - Жерден ғарыштық аппаратқа дейінгі ара қашықтық

$X := \frac{x}{R}$ $Y := \frac{y}{R}$ $X = 1$ $Y = 0$ $R = 1 \times 10^3$

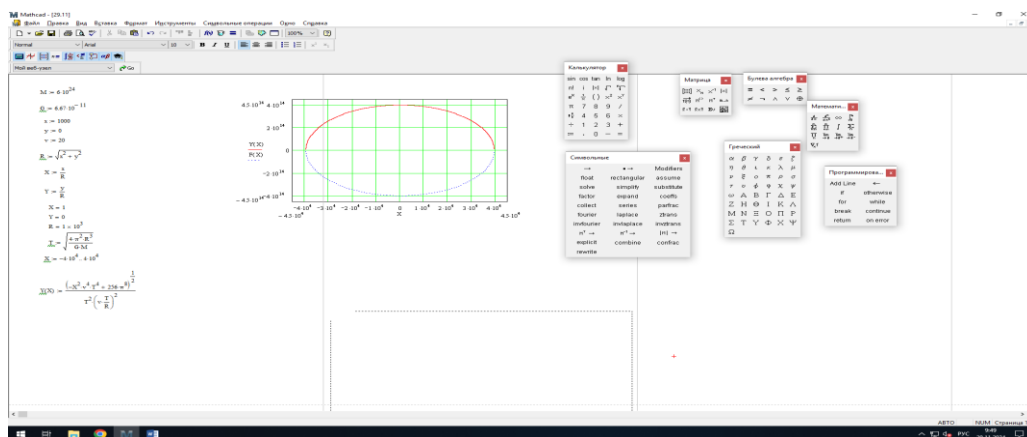
$T := \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot R^3}{G \cdot M}}$ қозғалыс периоды

$X := -4 \cdot 10^4, -3.999 \cdot 10^4 \dots 4 \cdot 10^4$

$$Y(X) := \frac{(-X^2 \cdot v^4 \cdot T^4 + 256 \cdot \pi^8)^{\frac{1}{2}}}{T^2 \cdot \left(v \cdot \frac{T}{R}\right)^2}$$

$$F(X) := \frac{-(-X^2 \cdot v^4 \cdot T^4 + 256 \cdot \pi^8)^{\frac{1}{2}}}{T^2 \cdot \left(v \cdot \frac{T}{R}\right)^2}$$

Ғарыш аппаратының траекториясын $y(x)$ тәуелділік графигінде тұрғызайық



Қорытынды

Ғарыш аппараттарының қозғалысын модельдеу физика, математика және техниканы білуді талап ететін күрделі процесс. Дұрыс модельдеу ғарыштық миссияларды тиімді жоспарлауға және жүзеге асыруға мүмкіндік береді, ғарышты игеру бағдарламаларына тағайындалған миссиялардың қауіпсіздігі мен сәттілігін қамтамасыз етеді [3].

Сонымен қатар, модельдеудің маңызды аспектісі жабдықтың параметрлерімен байланысты белгісіздіктерді, сондай-ақ ұшыру кезінде және ұшу кезіндегі жағдайлардың өзгеруін ескеру болып табылады. Заманауи технологиялар, соның ішінде жасанды интеллект және машиналық оқыту да модельдеу процесіне белсенді түрде енгізіле бастады.

Бұл әдістер үлкен көлемдегі мәліметтерді өңдеуге және оңтайлы шешімдерді табуға, модельдеу сапасын жақсартуға және есептеу уақытын қысқартуға мүмкіндік береді [2]. Мысалы, эволюциялық стратегияларға негізделген оңтайландыру алгоритмдері күрделі маневрлер мен қондырмаларды жобалауға көмектесе алады. Осылайша, ғарыш аппараттарының қозғалысын модельдеу процесі үнемі жетілдіруді және жаңа технологияларды біріктіруді талап етеді [6].

Ғарыштық миссиялармен байланысты қиындықтар мен жоғары тәуекелдердің күрделілігі бұл сараптама саласын болашақ ғарышты сәтті зерттеу мен зерттеудің кілті етеді.

Компьютерлік зерттеу кейбір аспан механикасының мәселелері бойынша. MathCAD ортасында есептеу тәжірибелерін жүргізуге мүмкіндік беретін бағдарламалар жасалды. Компьютерлік есептеулер нәтижесінде мынадай ғылыми нәтижелер алынды:

- Жердің гравитациялық өрісінің потенциалының графигі жердің орталығына дейінгі арақашықтық r тәуелділігімен салынды;
- Компьютерлік есептеулер негізінде дененің бірлік массасымен «Жер-Ай» жүйесі арасындағы өзара әрекеттесудің потенциалды энергия (байланыс энергиясы) теңдеулері зерттеліп, дененің радиалды ось координаталарына тәуелді байланыс энергияларын сипаттайтын графиктер алынған;
- MathCAD пакеті арқылы Жер маңындағы ғарыш аппаратының (ҒА) ұшу траекториясы әртүрлі бастапқы жағдайлар бойынша тұрғызылды;
- Ғарыш аппараттарының Жерден Айға дейін қозғалысы зерттеліп, ҒА-ның Жер бетінде алған жылдамдығына байланысты ұшу траекторияларының түрлі түрлері салынды [6].

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. Перельман Я. И., Занимательная физика. кн.1. — М.: Наука, 1986.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: Механика. Т. 1. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1988.
3. Поршнев, С. В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием пакета MathCAD: Учебное пособие. — М.: Горячая линия Телеком, 2002. — 252 с.
4. Компьютерное моделирование межпланетных перелетов в солнечной системе. — Режим доступа: http://window.edu.ru/resource/362/20362/files/0009_103.pdf.
5. Раушанбах Б.В., Управление движением космических аппаратов. М.: «Знание», 1986, —50с.
6. Бутиков Е. И. Пакет компьютерных программ «Движение космических тел» [Электронный документ] <http://butikov.faculty.ifmo.ru/Planets/index.html>.
7. Мукушев Б.А. Вычислительные эксперименты в физическом исследовании // Учебная физика. – 2021.

ҚАРУ-ЖАРАҚ ПЕН ӘСКЕРИ ТЕХНИКА

УДК 623.451.74

В.В. Удод

*Военный институт Сил воздушной обороны имени Т. Я. Бегельдинова,
Республика Казахстан, город Актөбе
udvv@mail.ru*

**ПЛАНИРУЮЩИЕ БОЕПРИПАСЫ И ИХ АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ И
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ**

Аңдатпа: Қазіргі уақытта планиру қимылдарын жүргізу кезінде жоспарлау бомбалары белсенді қолданылады. Оларды қолданудың негізгі мақсаты-әртүрлі әскери нысандарды жоғары дәлдікпен төгу орнынан үлкен қашықтықта жою. Жоспарлау бомбалары сонымен қатар жаудың әуе шабуылына қарсы қорғаныс жүйесін (Әуе қорғанысы) айналып өтуге қабілетті. Олар әуе қорғанысы аймағында іске қосылмауы мүмкін және қысқа ұшу уақыты мен аз көрінуіне байланысты ұстау қиын. Жоспарлау бомбаларын алғаш рет неміс мамандары жасаған және ірі теңіз нысандарын жеңу үшін қолданылған. Олар әуе бомбасы болды, оның үстіне құйрық қанаты бекітіліп, төменгі бөлігінде зымыран күшейткіші орналастырылды. Екінші дүниежүзілік соғыстың соңғы кезеңінде американдықтарда "Azon" (ресми атауы VB-1) бомбасы пайда болды. Ол тар көпірлерді жоюға арналған. Swod special Weapons Ordnance Device жобасының тағы бір бомбасы-ASM-N-2 bat (жарғанат) кемеге қарсы бомбасы болды, оны тарихтағы алғашқы "ату және ұмыту"әскери құрылғысы деп санауға болады. Екінші дүниежүзілік соғыстан кейін электрониканың қарқынды дамуы "жылжымалы бомбалар" ("Glide bomb") деп аталатын жоспарлау бомбаларын жетілдіруге жаңа серпін берді. Осындай кең таралған оқ-дәрілердің ішінде американдық AGM-154 Joint standoff Weapon жоспарлау бомбасын атап өтуге болады; GBU-44/B Viper Strike жоспарлау бомбасы және басқалары. Қазіргі уақытта жоспарлаушы бомбаларға келесі атаулар Бекітілген: түзетілетін әуе бомбалары (КАБ); басқарылатын жоспарлаушы әуе бомбалары (UPAB); "жылжымалы бомбалар" ("glide bomb") немесе "ақылды бомбалар" ("smart bomb"). Бүгінгі таңда әмбебап жоспарлау және түзету модулі (UMPC) деп аталатын бомбалар кең таралған. Бұл мақалада УМПК-мен жоспарланған бомбалардың конструктивті және аэродинамикалық ерекшеліктерін қарастыруға арналған. Сонымен бірге автор олардың басқару блоктары мен бағыттау жүйелерін талдауды мақсат еткен жоқ. Қолданыстағы жоспарлау оқ-дәрілерін қарастыру нәтижесінде жоспарлау бомбасының ең жақсы аэродинамикалық орналасуы-бұл төмен индуктивті қарсылық пен ұзақ қашықтыққа жақсы аэродинамикалық сапаны қамтамасыз ететін жоғары қанатты жоғары қанатты схема деген қорытындыға келді. Айналымалы Қанат бомбаға екі айналымалы топсаның көмегімен бекітілуі керек және беріктік пен аэродинамикалық және қаттылық симметриясын қамтамасыз ету үшін экструзия әдісімен авиациялық материалдан жасалуы керек. Бомбаны ашу механизмі қоршалған болуы керек ыңғайлы корпустар бомбаның мұрын бөлігі қажет болған жағдайда жәрмеңкемен жабылады. Мақалада артиллериялық снарядтар негізінде салынған жоспарлаушы оқ-дәрілердің конструктивті және аэродинамикалық ерекшеліктері қысқаша қарастырылады, олар қолданыстағы классификация бойынша әмбебап тұраралық жоспарлаушы оқ-дәрілерге (UMPB) жатады және оларды артиллериялық жүйелер жерден де, авиациялық құралдардан да ұшыруға болады. Мақаланың қорытынды бөлімінде ҚМПК-ға қойылатын талаптар тұжырымдалған.

Түйін сөздер: Жоспарлау бомбасы, әмбебап жоспарлау және түзету модулі, дизайн және аэродинамикалық өнімділік, қойылатын талаптар.

Abstract: Currently, planning bombs are actively used in the conduct of hostilities. The main purpose of their use is to defeat various military installations at a great distance from the drop site with high accuracy. Gliding bombs are also capable of bypassing the enemy's air defense system. They can be launched outside the air defense zone, and they are difficult to intercept due to the short flight time and low visibility. Gliding bombs were first developed by German specialists and were used to defeat large naval targets. They were an aircraft bomb, to which a wing with a tail was attached from above, and a rocket accelerator was placed in the lower part. At the final stage of the Second World War, the Azon planning bomb (the official name of the VB-1) appeared among the Americans. It was designed to destroy narrow bridges. Another bomb of the SWOD Special Weapons Ordnance Device project was the homing anti-ship bomb ASM-N-2 Bat (Bat), which can rightfully be considered the first military device in history that works on the principle of "shot and forgot". After the Second World War, the rapid development of electronics gave a new impetus to the improvement of gliding bombs, which began to be called "Glide bombs". Among the widespread use of such ammunition, the American AGM-154 Joint Standoff Weapon planning bomb; GBU-44/B Viper Strike planning bomb and others can be noted. Currently, the following names have been assigned to planning bombs: adjustable aerial bombs (KAB); guided planning aerial bombs (UPAB); "glide bombs" ("glide bomb") or "smart bombs" ("smart bomb"). To date, bombs with the so-called universal planning and correction module (UMPC) have become the most widespread. A significant place in this article is devoted to the consideration of the design and aerodynamic features of planning bombs with UMPC. At the same time, the author did not aim to analyze their control units and guidance systems. As a result of consideration of existing planning ammunition, it was concluded that the best aerodynamic layout of a planning bomb is a "high-wing" scheme with a rigid straight wing of large span, which will provide good aerodynamic quality due to low inductive resistance and a long flight range. The rotary wing must be attached to the bomb using two pivoting hinges and, to ensure strength and aerodynamic and stiffness symmetry, it must be made of aviation material by extrusion. The bomb opening mechanism should be enclosed in a streamlined body, and the nose of the bomb, if necessary, is covered with a fairing. The article briefly discusses the design and aerodynamic features of planning ammunition built on the basis of artillery shells, which, according to the existing classification, belong to universal interspecific planning ammunition (UMPB) and can be launched both by artillery systems from the ground and by aviation means from the air. In the final part of the article, the requirements for the UMPC are formulated.

Key words: Keywords: Planning bomb, universal planning and correction module, structural and aerodynamic characteristics, requirements.

Аннотация: В настоящее время при ведении боевых действий активно применяются планирующие бомбы. Их основная цель – поражение различных военных объектов на большом расстоянии от места сброса с высокой точностью. Планирующие бомбы способны также обходить систему противовоздушной обороны (ПВО) противника. Они могут запускаться вне зоны действия ПВО и их трудно перехватить из-за короткого времени полёта и малой заметности. Планирующие бомбы впервые были разработаны немецкими специалистами и использовались для поражения крупных морских целей. Они представляли собой авиационную бомбу, к которой сверху крепилось крыло с хвостовым оперением, а в нижней части размещался ракетный ускоритель. На завершающем этапе Второй мировой войны планирующая бомба «Azon» (официальное название VB-1) появилась и у американцев. Она была предназначена для уничтожения узких мостов. Еще одной бомбой проекта SWOD - Special Weapons Ordnance Device – была самонаводящаяся противокорабельная бомба ASM-N-2 Bat (Летучая мышь), которую по праву можно считать первым в истории военным устройством, работающим по принципу «выстрелил и забыл». После Второй мировой войны бурное развитие электроники дало новый толчок в совершенствовании планирующих бомб, которые стали носить название «скользящие

бомбы» («glide bomb»). Среди получивших широкое распространение таких боеприпасов можно отметить американскую планирующую бомбу AGM-154 Joint Standoff Weapon; планирующую бомбу GBU-44/B Viper Strike и другие. В настоящее время за планирующими бомбами закрепились следующие названия: корректируемые авиабомбы (КАБ); управляемые планирующие авиационные бомбы (УПАБ); «скользящие бомбы» («glide bomb») или «умные бомбы» («smart bomb»). На сегодняшний день самое широкое распространение получили бомбы с так называемым универсальным модулем планирования и коррекции (УМПК). Значительное место в данной статье посвящено рассмотрению конструктивных и аэродинамических особенностей планирующих бомб с УМПК. При этом автор не ставил целью анализировать их системы наведения и блоки управления. В результате рассмотрения существующих планирующих боеприпасов сделан вывод, что наилучшей аэродинамической компоновкой планирующей бомбы является схема «высокоплан» с жестким прямым крылом большого размаха, что обеспечит боеприпасу хорошее аэродинамическое качество за счет малого индуктивного сопротивления и большую дальность полета. Складывающееся крыло должно крепиться на бомбе с помощью двух шарниров, а для обеспечения прочности и аэродинамической и жесткостной симметрии изготавливаться из авиационного материала методом экструзии. Механизм раскрытия крыльев бомбы должен быть заключен в удобообтекаемый корпус, а носовая часть бомбы устаревшего образца закрыта обтекателем. В статье кратко рассмотрены конструктивные и аэродинамические особенности планирующих боеприпасов, построенных на базе артиллерийских снарядов, которые по существующей классификации относятся к универсальным межвидовым планирующим боеприпасам (УМПБ) и могут запускаться как артиллерийскими системами с земли, так и авиационными средствами с воздуха. В заключительной части статьи сформулированы требования, предъявляемые к УМПК.

Ключевые слова: Планирующая бомба, универсальный модуль планирования и коррекции, конструктивные и аэродинамические характеристики, предъявляемые требования.

Введение

Планирующий боеприпас – оружие далеко не новое. Его история начинается с немецкой планирующей авиационной бомбы Henschel Hs 293, спроектированной еще в 1939 г и предназначенной для поражения крупных морских целей водоизмещением до четырёх тысяч тон (Рисунок 1).

Бомба была снабжена крылом и хвостовым оперением, в её нижней части размещался ракетный ускоритель с отклоненным вниз соплом ЖРД, а в головной части было установлено противорикошетное кольцо [1]. Предполагалось сбрасывать бомбу бомбардировщиком с высоты 1300-1400 м на расстоянии 8 км от цели, не заходя в зону поражения зенитным огнем корабельных средств ПВО. После сброса бомбы на скорости около 360 км/ч срабатывал ракетный ускоритель и в течение 10 секунд разгонял её дополнительно к скорости носителя еще на 190 км/ч. На этапе планирования бомбы на цель штурман-оператор корректировал её траекторию посредством радиокоманд с помощью рулевых машинок руля высоты и элеронов. Для того чтобы бомба не терялась из виду, в её хвостовой части устанавливался цилиндрический блок сигнальных трассеров, формирующих дымный след в течение 100-110 секунд. При сбросе с высоты 1400 м дальность планирования бомбы составляла примерно 12 км [2].

Для повышения живучести Hs 239 при возможном радиоподавлении сигнала, были разработаны её альтернативные варианты с проводным и телевизионным управлением, однако сведений о боевом применении их не имеется.

Еще одной немецкой управляемой противокорабельной планирующей бомбой стала Ruhrsthl SD 1400 X (FX 1400), первым оружием, потопившим корабль в бою. Этому боеприпасу союзники и военнослужащие Люфтваффе дали прозвище «Fritz X» [3].

Изделие предназначалось для уничтожения тяжелых крейсеров и линкоров, ему была скорректирована в аэродинамическом отношении носовая часть, примерно по центру располагались радиально четыре крыла, а в хвостовой части – оперение коробчатой формы, состоящее из дюжины неподвижных частей. Аэродинамические органы управления бомбы по осям тангажа и рысканья представляли собой четыре крестообразных спойлера (Рисунок 2). Бомба управлялась с помощью радиоуправляемого устройства Kehl-Strasbourg, которое посылало сигнал на подвижные рулевые поверхности аналогично изделию Hs 293.

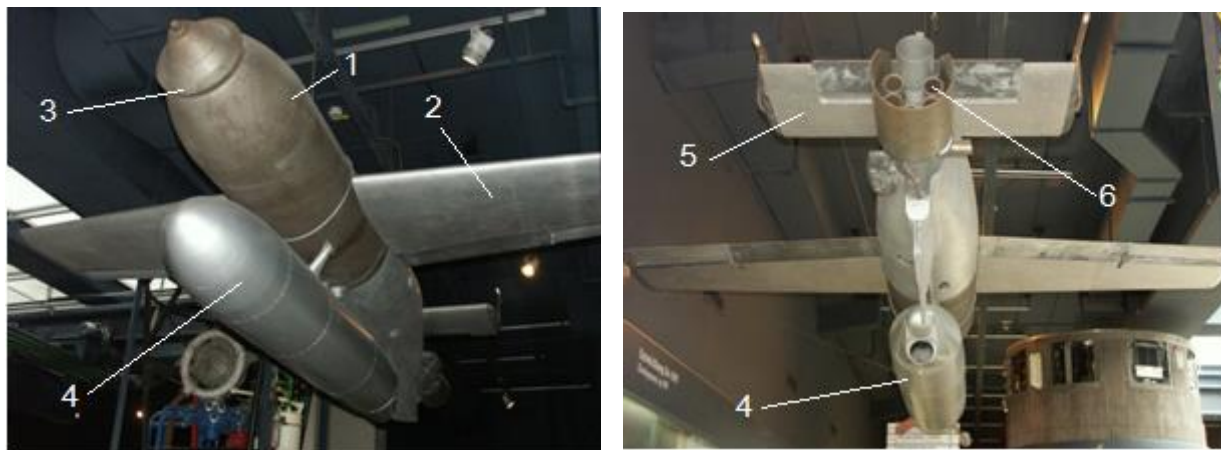


Рисунок 1. Henschel Hs 293 в музее Мюнхена:

1 – корпус авиационной бомбы; 2 – консоли крыла; 3 – противорикшетное кольцо;
4 – ракетный ускоритель; 5 – хвостовое оперение; 6 – блок сигнальных трассеров;

Минимальная высота запуска Fritz X составляла 4000–5500 м, а дальность полета – около 5 км. Для отслеживания траектории полета к цели в помощь оператору была предусмотрена сигнальная ракета и прикрепленная в хвостовой части светоотражающая панель.



Рисунок 2. Управляемая бомба Fritz X

На завершающем этапе Второй мировой войны американскими специалистами для уничтожения узких мостов была разработана бомба «Azon» (официальное название VB-1) [4]. По своей сути она представляла собой 1000-фунтовую (454 кг) бомбу AN-M65 с четырехугольным радиоуправляемым хвостовым оперением (Рисунок 3). Бомба могла разворачиваться влево и вправо, но не могла изменять угол наклона траектории и скорость падения.

Следует отметить и семейство американских планирующих бомб с кодовым наименованием SWOD - Special Weapons Ordnance Device (боеприпас специального назначения). В основе данного проекта лежала авиационная бомба, оснащенная крылом и хвостовым оперением. Одна из модификаций бомбы данного проекта – самонаводящаяся противокорабельная бомба ASM-N-2 Bat («летучая мышь») (Рисунок 4). Эту бомбу можно считать первым в истории военным устройством, работающим по принципу «выстрелил и забыл» [5]. Бомба использовалась на Североатлантическом и Тихоокеанском театрах военных действий для борьбы с подводными лодками.

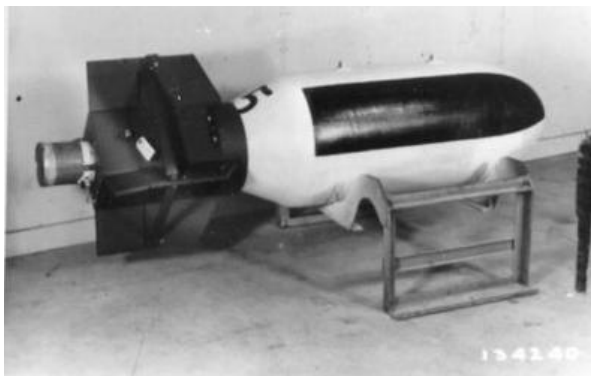


Рисунок 3. Планирующая бомба Azon, разработанная США и использующаяся с мая 1944 года



Рисунок 4. Самонаводящаяся противокорабельная авиационная бомба ASM-N-2 Bat

Дальнейшим развитием планирующих бомб стала SWOD Mk-7 Pelican в головной части которой была смонтирована головка самонаведения, принимающая отраженный луч смонтированного на самолете-носителе радара. Оператору наведения требовалось лишь «облучить» цель радаром с самолета, и бомба сама наводилась на цель.

В 1943 году в США была разработана, а в 1945 году принята на вооружение, ещё более совершенная, полностью автоматическая система наведения, установленная на бомбе SWOD Mk-9 Bat. Радар этой бомбы был расположен непосредственно на ней. В результате бомба сама «облучала» цель и наводилась не неё.

Необходимо отметить, что ещё в 1939 году над планирующей торпедой «Тораплан», запускаемой с воздуха, и планирующей бомбой «Дораван» начали работать и британские специалисты. Однако, несмотря на большую работу и многочисленные испытания, эти изделия не удавалось запускать с постоянной точностью, и в 1942 году от их дальнейшей разработки отказались.

Примерно в это же время создать планирующие бомбы с инфракрасным наведением пытались и в Японии, но в конечном итоге не смогли довести их до боевого применения.

После Второй мировой войны бурное развитие электроники дало новый толчок в совершенствовании планирующих бомб, которые стали носить название «скользящие бомбы» («glide bomb»). Среди получивших широкое распространение таких боеприпасов можно отметить американскую планирующую бомбу AGM-154 Joint Standoff Weapon; планирующую бомбу GBU-44/B Viper Strike, представляющую собой вариант противотанкового боеприпаса Northrop Grumman Brilliant (BAT) с лазерным и GPS-наведением, который изначально имел комбинированную акустическую и инфракрасную головку самонаведения [6].

Метод исследования

Прежде чем рассматривать конструктивные и аэродинамические характеристики современных планирующих боеприпасов необходимо разобраться в существующей в

настоящее время терминологии. Одним из видов управляемых авиационных средств поражения являются корректируемые авиационные бомбы (КАБ). Они позволяют наносить удары по противнику без захода самолета в зону действия вражеской противовоздушной обороны (ПВО). Некоторые модели могут оснащаться небольшими реактивными двигателями, что повышает их дальность и управляемость в полете. Примером КАБ могут быть семейство корректируемых авиабомб КАБ-500 весом около 500 кг, созданных в России. Самая современная модификация - бомба КАБ-500К, наводящаяся на цель с помощью телевизионной головки самонаведения. Есть варианты корректируемых КАБ-500 с наведением по лазерной подсветке целей, а также КАБ-500С с наведением по ГЛОНАСС. Еще одной из самых мощных корректирующих авиабомб является КАБ-1500 массой 1500 кг и лазерным/телевизионным наведением.

Следует заметить, что за такими бомбами в настоящее время закрепилось ещё одно название: управляемые планирующие авиационные бомбы (УПАБ). Так, к примеру, КАБ-1500 иногда обозначают как УПАБ-1500. В англоязычной литературе такие планирующие авиационные бомбы, оснащенные системой управления и наведения, часто называют «скользящими бомбами» («glide bomb») или «умными бомбами» («smart bomb»). Системы наведения у них могут быть: спутниковыми, электронно-оптическими, лазерными или инфракрасными. Они состоят из датчиков для обнаружения цели и средств регулировки оперения бомбы или крыльев для управления её снижением.

К корректируемым бомбам также относят боеприпасы, оснащённые универсальным модулем планирования и коррекции (УМПК). Это самый простой и дешевый способ модернизации устаревших авиационных бомб. УМПК состоит из раскладывающегося крыла, аэродинамических рулей и систем наведения, включающих различные типы головок самонаведения.

Результаты обсуждения

Самым простым способом превратить обычную авиационную бомбу в планирующую – это прикрепить к телу бомбы жесткие Х-образные треугольные или стреловидные крылья, подобные тем, что используются при изготовлении крылатых ракет. Однако такие планирующие бомбы за счет малых несущих плоскостей будут иметь дальность планирования не превышающую 20-30 км. Для увеличения дальности необходимо увеличивать площадь и размах крыльев, что позволяет использование навесного оборудования. В этой связи более подробно остановимся на рассмотрении основных типов планирующих бомб с УМПК и отметим их основные конструктивные и аэродинамические особенности, практически не касаясь их блоков управления.

Наилучшей аэродинамической компоновкой с нашей точки зрения обладают американские УПАБ семейства Joint Direct Attack Munition (JDAM) – Совместный Боеприпас Прямого Действия (Boeing-JDAM-ER2). Такой боеприпас за счет обтекаемой формы обладает высоким аэродинамическим качеством, а большой размах крыла свидетельствует о том, что и лобовое сопротивление такой бомбы будет минимальным (за счет малого индуктивного сопротивления). Раскладывающиеся крылья бомбы имеют прямую форму в плане и два отдельных шарнирных узла, что значительно упрощает их конструкцию и уменьшает нагруженность. В целом дальность планирования УПАБ серии JDAM-ER2 составляет более 75 км (Рисунок 5).

Появление этих УПАБ (BLU-109, BLU-119 и т.д.) – произвело революцию в воздушной войне и повысило боевую эффективность ВВС. Один из примеров высокой точности УПАБ JDAM является их применения бомбардировщиком В-2 17 апреля 1999 г. по базе «ОРБА» в Сербии [7, 8].

Заслуживают также внимания американские УПАБ АБ GBU 39 с оригинальным раскладывающимся крылом большого удлинения ромбовидной конструкции, образованной по сути из двух шарнирно соединенных крыльев (Рисунок 6) [9].



Рисунок 5. Американская УПАБ семейства Joint Direct Attack Munition



Рисунок 6. Американская УПАБ АБ GBU 39 с ромбовидным крылом

Похожую аэродинамическую компоновку имеет также и иранская УПАБ (Рисунок 7), которая с «аэродинамической точки зрения» разработана весьма грамотно, и, по всей видимости, имеет (за счет хорошего удлинения крыла) высокое аэродинамическое качество, дальность планирования (применения) и оптимальные размеры [8].

Российской бомбой с простейшим УМПК, разработанным НПО «Базальт» является ФАБ-500 (Рисунок 8). Из рисунка видно, что складывающиеся крылья находятся внизу от узлов навески бомбы на пилон. Следовательно, при отделении боеприпаса от носителя он неизбежно повернется по крену на угол 180° , что повлечет за собой потерю механической энергии и уменьшит его дальность планирования. Один общий шарнир механизма складывания крыльев может привести к его заклиниванию при выпуске из-за увеличивающейся нагрузки и повышенного трения.

Из открытых источников известно, что первые модификации узла навески имели пружинный привод механизма раскрытия и в дальнейшем были заменены на пневмоцилиндр, давление в котором создавалось при срабатывании пиропатрона. Из фотографии видно, что качество изготовления модуля навески находится на невысоком уровне: имеются необработанные сварные швы, торчат болты и узлы ленточного бандажа навески. Можно предположить, что аэродинамическое качество такой планирующей бомбы, скорее всего не превышает 3-4, что не обеспечит хороших показателей по дальности полета. Единственное, что подкупает в конструкции этого УМПК, это доступность изготовления и его сравнительная дешевизна.



Рисунок 7. Иранская планирующая бомба



Рисунок 8. Российская планирующая бомба НПО «Базальт» ФАБ-500

Следует отдать должное конструкции крыльев и горизонтального оперения российской ФАБ-500 с УМПК, как и у американской бомбы JDAM, они изготовлены из авиационного материала методом экструзии, что хорошо видно из фотографий (Рисунок 9).

Расчеты и анализ существующих планирующих бомб с УМПК показывают, что относительная толщина крыла $\bar{c}$ должна составлять 10-12% его хорды. Изготовить такое

тонкое крыло, соблюдая условия прочности, аэродинамической и жесткостной симметрии никаким другим существующим способом невозможно, за исключением конструкции из полимерных материалов с сотовым наполнителем. Давно уже освоена технология изготовления металлических крыльев для речных и морских судов методом экструзии. Примером таких изделий являются крылья, производимые китайской фирмой Wellste для подводных крыльев речных и морских судов [10].



Рисунок 9. Крыло и горизонтальное оперение бомбы ФАБ-500

В дальнейшем специалисты НПО «Базальт» поработали над улучшением внешнего вида УМКП. Так у бомбы ФАБ-1500 появились обтекатели на корпусе самой бомбы и механизме раскрытия крыльев, что положительно сказалось на увеличении аэродинамического качества и дальности планирования (Рисунок 10).

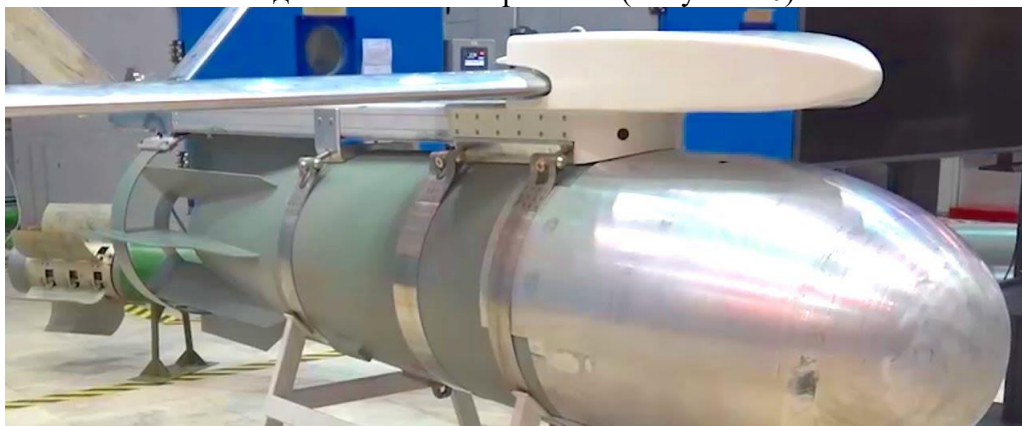


Рисунок 10. Бомба ФАБ 1500 с УМКП



Рисунок 11. Бомба Фаб-500 С УМКП: крыло в убранном положении (слева) и в выпущенном (справа)

Заслуживает внимания УМПК нового поколения, который устанавливается на бомбу ФАБ-500 (Рисунок 11). Прежде всего, модуль отличается своей лаконичностью, чистотой исполнения и конструкцией шарнирного узла. У боеприпаса нет стабилизатора, его функции выполняет хвостовое оперение самой бомбы, и пластина в носовой части, выполняющая роль вертикального оперения. Шарнирный узел очень компактный, с его помощью при сбросе бомбы осуществляется поворот крыла сначала относительно поперечной, а затем и относительно продольной оси связанной системы координат [11]. Крепление модуля к телу бомбы выполнено быстросъемным и не создающим большого лобового сопротивления. Правда, из фотографии не совсем понятно, как осуществляется управление бомбой при планировании. Можно лишь предположить, что каждая половинка крыла может дифференциально поворачиваться относительно оси OZ в шарнирном узле и таким образом достигается управляемость по крену, тангажу и в путевом направлении. В этом случае к шарниру должны предъявляться повышенные требования по прочности и надежности.

В настоящее время планирующие боеприпасы продолжают совершенствоваться. Происходит изменение их внешних форм и калибра. Бомбы перестают быть в форме тел вращения, а принимают угловатую прямоугольную форму в поперечном сечении. С каждым годом совершенствуется система наведения и повышается точность попадания боеприпаса в цель. В связи с этим за счет меньшей массы бомб с более высокой точностью поражения можно брать их большее количество и поражать больше целей за один бомбовылет (Рисунок 12 и 13). К примеру, четыре американских высокоточных бомбы GBU-39 подвешиваются только на один пилон, а на самолет в целом – их шестнадцать штук.



Рисунок 12. Бомбы JDAM на внешней подвеске самолета



Рисунок 13. Комплект из четырех бомб GBU-39, подвешенных на самолете F-15E Strike Eagle

Параллельно с планирующими бомбами идут разработки по увеличению дальности стрельбы артиллерийских снарядов. Запатентовано изобретение (патент RU 2 509 287 C1) «Планирующий боеприпас» в котором используется артиллерийский осколочно-фугасный снаряд марки 3ОФ 45, снабженный двумя жесткими поворотными крыльями, дополнительной аэродинамической поверхностью в виде крыла дельтаплана, компактным маршевым реактивным двигателем, рулями, хвостовым оперением и блоком управления [12]. Крыло дельтаплана имеет возможность складывания в убранное положение для транспортировки и хранения. На этапе планерного участка полета оно раскрывается, устанавливается в раскрытое положение и стопорится специальным механизмом (Рисунок 14).

Это устройство относится к планирующему боеприпасу раздельного заряжания и может применяться для ствольной системы артиллерийского орудия 2А64, установленного на самоходной артиллерийской установке 2С19 «Мста-С».

Кроме того, данный боеприпас может быть снабжен элементами крепления к пилонам воздушного судна и может использоваться при бомбометании так же, как и планирующая бомба. В начальный момент после сброса раскрываются жесткие крылья и одновременно включается маршевый реактивный двигатель. В дальнейшем, при завершении работы двигателя наступает фаза планерного полета, раскрываются дополнительные аэродинамические поверхности в виде крыла дельтаплана, состоящего из двух частей. Непосредственно перед поражением цели крыло дельтаплана изменяет угол раскрытия своих боковых элементов для перевода автономного планирования с траектории плавного снижения в пикирование.

В марте 2024 СМИ сообщили, что Вооруженные силы России начали использовать бомбу Д-30СН в СВО [13]. По своей сути это не просто бомба, а универсальный межвидовой планирующий боеприпас (УМПБ), промежуточный тип вооружений между ракетой и авиабомбой с УМПК. «Межвидовой» боеприпас означает, что его можно запускать не только из земли, но и с самолета. Новая бомба Д-30СН имеет дальность полета 90-120 км и систему защиты от помех. Следует отметить, что США тоже располагают подобным оружием, которое применяется на установках HIMARS.

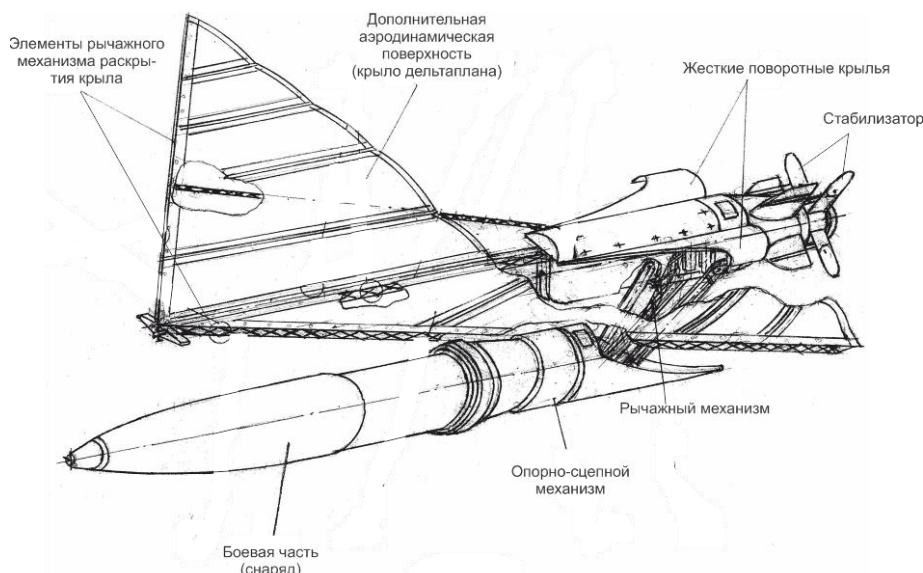


Рисунок 14. Артиллерийский снаряд марки 3ОФ 45 с модулем планирования (патент RU 2 509 287 C1)

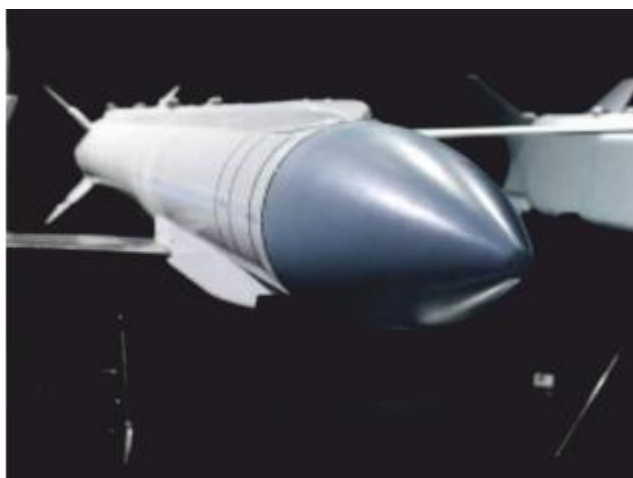


Рисунок 15. Российская гибридная бомба нового поколения Grom-E1 («Гром-Е1»)

По мнению специалистов, каждая такая бомба способна нести по 250–300 кг взрывчатки. Используя имеющуюся наземную и авиационную технику таким УМПК можно наносить противнику очень мощный точный удар с уменьшенным временем реакции.

Вместе с тем следует отметить, что несмотря на большой потенциал, разработка УМПК представляет собой сложную инженерную задачу, требующую решения многих технических проблем, значительных исследований и больших затрат

Каким бы совершенным не был УМПК, но достигнуть с ним дальности более 100 км остается трудной задачей. Существует только один способ – установка на боеприпас маршевого реактивного двигателя. В результате получается еще одна разновидность планирующего боеприпаса большой дальности, их называют гибридные «бомбо-ракеты». Примером такого боеприпаса может служить российская гибридная бомба Grom-E1 («Гром-E1») (Рисунок15) [14].

Заключение

Анализ аэродинамических и конструктивных особенностей планирующих боеприпасов, позволяет сформулировать требования, предъявляемые к УМПК. Модуль должен иметь:

- крепление, позволяющее быстро и надежно закрепить его на корпусе бомб, различных калибров;
- механизм раскрытия крыла, закрытый для уменьшения лобового сопротивления обтекаемым корпусом;
- быстромонтируемый обтекатель для тупоконечных бомб устаревшего производства;
- механизм раскрытия крыльев для простоты изготовления и уменьшения нагрузки на узел крепления, состоящий не из одного, а с двух отдельных шарниров на каждое полукрыло;
- крыло для повышения аэродинамического качества и соответствия требованиям жесткости, прочности и аэродинамической симметрии, изготовленное из легкого авиационного материала методом экструзии; в некоторых случаях для снижения веса можно рекомендовать изготовление крыла из композиционных материалов на основе волокнистого наполнителя (стекловолокна, углеродного или базальтового волокна);
- узлы крепления крыла к бомбе, находящиеся сверху, чтобы при отделении боеприпаса от носителя не было поворота по крену на 180^0 , в противном случае будет неизбежен дополнительный расход полной механической энергии на переворот и уменьшение дальности полета:
 - механизм раскрытия полукрыльев для повышения надежности, приводящийся в действие с помощью пневмоцилиндра, источником давления для которого будут служить газы, возникающие при срабатывании пиропатрона;
 - механизм раскрытия крыльев, включающий устройство синхронизации выпуска и два замка: убранного и выпущенного положения;
 - бортовую систему управления аэродинамическими рулями для надежности срабатывания газового типа с питанием от воздушного баллона, который заправляется сжатым воздухом непосредственно перед подвеской бомбы на воздушное судно;
 - аэродинамические поверхности управления (элероны, рули высоты и т.д.), выполненные с помощью щелевых цилиндров, которые крепятся непосредственно к задним кромкам оперения боеприпаса;
 - блок управления для снижения стоимости планирующего боеприпаса, находящийся не на самом УМПК, а на носителе (самолете).

Конструкция УМПК должна быть по возможности простой в производстве, технологичной и дешевой, применяющей как можно больше стандартного крепежа. При его изготовлении не должна использоваться дорогостоящая оснастка и

высококвалифицированный персонал. Аэродинамическая компоновка блока должна иметь как можно большее аэродинамическое качество, что обеспечит планирующему боеприпасу увеличение дальности планирования. Для увеличения дополнительной дальности планирования бомбы, можно также предусмотреть возможность её оснащения твердотопливным реактивным двигателем.

В перспективе, когда будут израсходованы запасы авиационных бомб устаревшего образца, возникнет необходимость в разработке планирующих бомб нового поколения. Их форма будет отличаться от цилиндрической формы тел вращения. Скорее всего, они будут прямоугольной формы в поперечном сечении и меньших геометрических размеров для размещения их большего количества в бомбоотсеках. Такая тенденция развития внешнего облика планирующих боеприпасов будет вызвана также и повышением точности их наведения, что приведет к уменьшению взрывчатого вещества в самом боеприпасе.

Список использованных источников

1. Henschel Hs 293 — Википедия. [Электронный ресурс] - https://ru.wikipedia.org/wiki/Henschel_Hs_293/ (дата обращения 10.10.2024).
2. Зефилов М. В. Управляемые бомбы Люфтваффе // Асы Люфтваффе: бомбардиро-вочная авиация. — М.: «Издательство АСТ», 2002. — С. 48—62. — 478 с. — ISBN 5-17-009972-X.
3. Fritz X – Wikipedia. [Электронный ресурс] – https://en.wikipedia.org/wiki/Fritz_X/ (дата обращения 10.10.2024).
4. Оружейная экзотика. (Нереализованные проекты, опытная и малоизвестная серийная военная техника): Управляемые бомбы серии VB (США. 1942 - 1950 год). [Электронный ресурс] - <https://military-exotic.blogspot.com/2023/08/vb-1942-1950.html/> (дата обращения 12.10.2024).
5. Авиабомба с радаром: американское «ноу-хау» 1940-х годов | Оружейникофф | Дзен. [Электронный ресурс] - <https://dzen.ru/a/ZavZeS6Q937je2ww>. (дата обращения 12.10.2024).
6. Glide bomb – Wikipedia. [Электронный ресурс] - https://en.wikipedia.org/wiki/Glide_bomb/ (дата обращения 10.10.2024).
7. Жуков А. Управляемая планирующая бомба — что это такое и на что она способна? - Hi-News.ru. [Электронный ресурс] - <https://hi-news.ru/eto-interesno/upravlyаемaya-planiruyushhaya-bomba-chto-eto-takoe-i-na-chto-ona-sposobna.html/> (дата обращения 15.10.2024).
8. Климов М.Н. Планирующие бомбы для СВО: что не так с «русским JDAM-ER». [Электронный ресурс] - https://dzen.ru/a/ZEtq1Cg_tHJZIMaI (дата обращения 15.10.2024.).
9. Корректируемые и планирующие авиационные боеприпасы. [Электронный ресурс] - <https://dzen.ru/a/YMwwnfOjZESQxCKp> (дата обращения 30.10.2024.).
10. Производитель экструзии алюминиевых крыльев на подводных крыльях-Wellste. [Электронный ресурс] - <https://www.wellste.com/ru/aluminum-hydrofoil-extrusion/> (дата обращения 16.10.2024).
11. Новые УМПК России | Война История Оружие | Дзен. [Электронный ресурс] - <https://-dzen.ru/a/ZtW3foNbTStkWSPw/> (дата обращения 17.10.2024).
12. RU2509287C1 - ПЛАНИРУЮЩИЙ БОЕПРИПАС - Яндекс. Патенты/ [Электронный ресурс] - https://yandex.ru/patents/doc/RU2509287C1_20140310/ (дата обращения 18.10.2024).
13. Новая российская супербомба Д-30СН: почему ВСУ ее так боятся. <https://news.ru/-russia/novaya-rossijskaya-superbomba-d-30sn-pochemu-vsu-ee-tak-boitsya/> (дата обращения 18.10.2024).

14. Гибридные бомбо-ракеты: ВКС РФ получили средство поражения повышенной дальности – МК. [Электронный ресурс] - <https://www.mk.ru/politics/2024/11/09/-gibridnye-bomborakety-vks-rf-poluchili-sredstvo-porazheniya-povyshennoy-dalnosti.html/> (дата обращения 20.10.2024).

УДК 623;623.4

Ю.А.Дамаев

Военный институт Сил воздушной обороны имени Т. Я. Бегельдинова,

Республика Казахстан, город Актөбе

damaev76@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ FPV–ДРОНОВ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Андатпа: FPV дрондары қазіргі әскери қақтығыстарда маңызды рөл атқарады. Олар операторға ұшқышсыз орнатылған камера арқылы нақты уақыттағы ұшуды бақылау мүмкіндігін береді. Оларды жаппай қолданудың себептерінің бірі-олардың үнемділігі. FPV дрондарының болуы оларды тіпті шағын әскери бөлімдерге немесе топтарға пайдалануға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы әскери қақтығыстарда FPV дрондарын қолдану олардың жоғары ұтқырлығына, салыстырмалы арзандығына және көп функциялылығына байланысты жиі кездеседі. Қазіргі дрондар тек жеңіліс құралы ретінде ғана емес, сонымен қатар тактикалық барлау үшін де қажет. Олар әсіресе Тараптардың бірі дәстүрлі әскери артықшылыққа ие болмайтын асимметриялық қақтығыстар жағдайында маңызды. Сондай-ақ, дрондар гибридіті қақтығыстардың маңызды элементіне айналды, мұнда классикалық соғыс қимылдары кибершабуылдармен, үгіт-насихатпен және диверсиямен үйлеседі. Егер қалалық орта дәстүрлі техникаға ерекше қиындықтар туғызса, онда FPV дрондары осы жағдайларға жақсы бейімделеді. Жоғары маневрлік ғимараттар арасында, көпірлердің астында және құрылымдардың ішінде ұшуға мүмкіндік береді. Қазіргі заманғы дрондар электронды барлау және электронды күрес міндеттерін орындауға бейімделуі мүмкін. Олар тек шабуыл операцияларында ғана емес, қорғаныс үшін де қолданылады. Сонымен қатар, олар стратегиялық салада да қолдана бастайды. Сондай-ақ әуе шабуылына қарсы қорғаныс жүйелерін басу және жою үшін тиімді пайдалануға болады. Ақпараттық соғыс аясында операцияларды жүргізу үшін белсенді қолданылады. Барлау және соққы функцияларынан басқа, FPV дрондары логистикада көбірек қолданылады. Олар шағын, бірақ маңызды жүктерді жеткізуді қамтамасыз етеді. FPV дрондарының тұжырымдамасы тек әуе кеңістігінен асып түседі. Соңғы жылдары жауынгерлік бөлімшелердің мүмкіндіктерін кеңейтетін құрлықтағы және су астындағы дрондардың дамуы пайда болды. FPV дрондары действий тактикасына әсер етіп қана қоймайды, сонымен қатар әскерлерді өздерінің стратегиялары мен құрылымдарын қайта қарауға мәжбүр етеді. FPV дрон технологиясы үлкен қарқынмен дамып келеді. Болашақта оператордың тұрақты бақылауынсыз тапсырмаларды орындайтын жасанды интеллект элементтері бар дрондардың автономиясының артуын күтуге болады. FPV-дрон технологияларының дамуы оларды әскери салада қолданудың жаңа тәсілдерінің пайда болуына әкеледі.

Түйінді сөздер: FPV-дрондар, заманауи әскери қақтығыстар, асимметриялық қақтығыстар, гибридіті қақтығыстар, ақпараттық соғыстар, тактикалық барлау, электронды барлау, электронды күрес, жасанды интеллект.

Abstract: FPV drones are playing an increasingly important role in modern military conflicts. They provide the operator with the opportunity to observe the flight in real time through a camera mounted on a drone. One of the reasons for their mass use is their cost-effectiveness. The availability of FPV drones allows them to be used even by small military units or groups. The use of FPV drones in modern military conflicts is becoming increasingly common due to their high mobility, relative cheapness and versatility. Modern drones are used not only as weapons of destruction, but are also indispensable for tactical reconnaissance. They are especially relevant in the context of asymmetric conflicts, where one of the parties does not have traditional military superiority. Drones have also become an important element of hybrid conflicts, where classic military actions are combined with cyber attacks, propaganda and diversions. If the urban

environment presents special difficulties for traditional technology, then FPV drones adapt perfectly to these conditions. High maneuverability allows you to fly between buildings, under bridges and inside structures. Modern drones can be adapted to perform tasks of electronic reconnaissance and electronic warfare. They are used not only in offensive operations, but also for defense. In addition, they are beginning to find application in the strategic sphere. They can also be effectively used to suppress and destroy air defense systems. They are actively used to conduct operations within the framework of information warfare. In addition to reconnaissance and strike functions, FPV drones are increasingly being used in logistics. They ensure the delivery of small but critical goods. The concept of FPV drones goes beyond just airspace. In recent years, there have been developments of land-based and underwater drones that expand the capabilities of combat units. FPV drones not only influence combat tactics, but also force armies to rethink their strategies and structures. FPV drone technology is developing at a tremendous rate. In the future, we can expect an increase in the autonomy of drones with artificial intelligence elements performing tasks without constant operator control. And the development of FPV drone technologies leads to the emergence of new approaches to their use in the military sphere.

Keywords: FPV drones, modern military conflicts, asymmetric conflicts, hybrid conflicts, information warfare, tactical intelligence, electronic intelligence, electronic warfare, artificial intelligence.

Аннотация: FPV-дроны играют все более важную роль в современных военных конфликтах. Они предоставляют оператору возможность наблюдения за полетом в реальном времени через камеру, установленную на дроне. Одна из причин их массового использования является их экономичность. Доступность FPV-дронов позволяет использовать их даже небольшим военным подразделениям или группировкам. Применение FPV-дронов в современных военных конфликтах становится все более распространенным благодаря их высокой мобильности, относительной дешевизне и многофункциональности. Современные дроны используются не только как средства поражения, но и незаменимы для тактической разведки. Они особенно актуальны в контексте асимметричных конфликтов, где одна из сторон не обладает традиционным военным превосходством. Также дроны стали важным элементом гибридных конфликтов, где классические военные действия сочетаются с кибератаками, пропагандой и диверсиями. Если городская среда представляет особые сложности для традиционной техники, то FPV-дроны прекрасно адаптируются к этим условиям. Высокая маневренность позволяет летать между зданиями, под мостами и внутри сооружений. Современные дроны могут быть адаптированы для выполнения задач радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы. Они применяются не только в наступательных операциях, но и для обороны. Помимо этого, они начинают находить применение и в стратегической сфере. Также могут быть эффективно использованы для подавления и уничтожения систем противовоздушной обороны. Активно применяются для проведения операций в рамках информационной войны. Помимо разведывательных и ударных функций, FPV-дроны все чаще используются в логистике. Они обеспечивают доставку небольших, но критически важных грузов. Концепция FPV-дронов выходит за пределы только воздушного пространства. В последние годы появляются разработки наземных и подводных дронов, которые расширяют возможности боевых подразделений. FPV-дроны не только влияют на тактику ведения боевых действий, но и заставляют армии пересматривать свои стратегии и структуры. Технологии FPV-дронов развиваются с огромной скоростью. В перспективе можно ожидать повышения автономности дронов с элементами искусственного интеллекта выполняющих задания без постоянного контроля оператора. Развитие технологий FPV-дронов приводит к появлению новых подходов к их использованию в военной сфере.

Ключевые слова: FPV-дроны, современные военные конфликты, асимметричные конфликты, гибридные конфликты, информационные войны, тактическая разведка, радиоэлектронная разведка, радиоэлектронная борьбы, искусственный интеллект.

Введение

FPV-дроны (First Person View – вид от первого лица) играют все более важную роль в современных военных конфликтах, став неотъемлемой частью асимметричной войны, разведывательных операций и даже прямых атак. Их популярность обусловлена относительно низкой стоимостью, высокой маневренностью, удобством управления и широкими возможностями модернизации.

FPV-дроны предоставляют оператору возможность наблюдения за полетом в реальном времени через камеру, установленную на дроне. Это дает значительные преимущества в сравнении с традиционными беспилотными системами. Пилот, находясь на большом расстоянии, может совершать сложные маневры, избегая препятствия и достигая целей в сложной местности. В отличие от полноценных военных беспилотных летательных аппаратов, они стоят относительно недорого, что позволяет использовать их массово. А небольшие размеры и низкий уровень шума делают их сложными для обнаружения и перехвата [2], [5].

Одна из причин их массового использования является их экономичность. Они в десятки раз дешевле полноразмерных военных беспилотников. Даже их массовая потеря не приводит к значительным финансовым убыткам. Их производство и модернизация может быть организована даже в полевых условиях, используя компоненты с гражданского рынка. Дроны заменяют более дорогие виды техники (например, самолеты или вертолеты) для выполнения задач разведки и точечных атак [1], [7].

Доступность FPV-дронов позволяет использовать их даже небольшим военным подразделениям или группировкам, делая их мощным инструментом в руках не только крупных армий, но и нерегулярных сил.

Метод исследования

Проанализировав опубликованные рефераты, доклады, статьи, монографии, материалы конференций и другую научную литературу различных авторов, описывающих применение FPV-дронов в современных военных конфликтах, приходим к выводу, что они используются не только как средства поражения и разведки, но и играют огромную роль в развитии современных армий, влияют на тактику ведения боевых действий и заставляют армии пересматривать свои тактику, стратегии и структуры.

Результаты и обсуждения

Применение FPV-дронов в современных военных конфликтах становится все более распространенным благодаря их высокой мобильности, относительной дешевизне и многофункциональности. Эти дроны находят применение в разведывательных и в ударных операциях, но на этом их функции не ограничиваются. Рассмотрим ключевые аспекты их использования:

FPV-дроны как средства поражения. Современные дроны всё чаще используются как средства поражения. Дроны-камикадзе, оснащенные взрывчаткой, применяются для уничтожения укреплений, техники или личного состава. Возможность прямого управления обеспечивает высокую точность нанесения удара. Помимо того инженеры разрабатывают новые методы использования, включая стаи дронов («рои»), которые могут атаковать цели коллективно [3], [6].

FPV-дроны как средства разведки. Дроны незаменимы для тактической разведки. Они передают изображения и видеозаписи в режиме реального времени, позволяя

командирам оперативно принимать решения, а малая заметность позволяет проникать в глубь оборонительных позиций противника [8], [9].

FPV-дроны в асимметричных конфликтах. Особенно актуальны в контексте асимметричных конфликтов, где одна из сторон не обладает традиционным военным превосходством. Повстанческие группировки и террористические организации активно применяют дроны как средство компенсации своей технической отсталости. Коммерческие комплектующие (камеры, двигатели, контроллеры) позволяют создавать боеспособные FPV-дроны практически из подручных средств. Их можно оснастить как взрывчатыми веществами, так и системами радиоэлектронной разведки [1], [3], [6].

Примером асимметричного применения можно назвать использование дронов террористическими группировками на Ближнем Востоке. Такие аппараты применялись для атак на колонны военной техники, разрушения инфраструктуры и даже на стратегические объекты, такие как нефтехранилища.

FPV-дроны в гибридных конфликтах. Они стали важным элементом гибридных конфликтов, где классические военные действия сочетаются с кибератаками, пропагандой и диверсиями. Их использование создаёт значительный стресс для солдат на передовой. Даже небольшие аппараты могут нанести внезапный урон или собрать разведанные, что усложняет ведение обороны. Они позволяют проводить диверсии на объектах энергетики, транспорта и коммуникаций. Примером является атака дронами на российскую военную базу Хмеймим в Сирии. Несмотря на попытки организовать противодействие, они показали свою эффективность в нанесении урона инфраструктуре [2], [4].

FPV-дроны в городских условиях. Городская среда представляет особые сложности для традиционной техники, но FPV-дроны прекрасно адаптируются к этим условиям. Высокая маневренность позволяет летать между зданиями, под мостами и внутри сооружений. Они легко проникают в укрытия и бункеры, где скрывается противник. Во время штурма зданий могут разведать обстановку внутри, обнаружить заложников или боевиков и передать информацию штурмовым группам. Городские бои требуют максимальной точности, и FPV-дроны становятся инструментом, который минимизирует риски для атакующих подразделений [1], [6].

FPV-дроны как средства радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы. Современные дроны могут быть адаптированы для выполнения задач радиоэлектронной разведки и радиоэлектронной борьбы.

Они способны не только передавать визуальную информацию, но и собирать данные о работе радио- и радарных систем противника. Например, перехват сигналов связи, определение частот радиолокационных станций, сканирование зон для обнаружения источников помех или активных систем радиоэлектронной борьбы.

FPV-дроны можно оснастить оборудованием для создания помех или подавления связи. Они способны блокировать работу радиостанций или GPS-навигации, отключать беспилотные системы противника или нарушать связь между подразделениями противника.

Примером подобных технологий являются дроны, используемые для подавления сигналов дронов противника, что позволяет создавать эффективные «антидроновые» системы [4], [5].

FPV-дроны как средства обороны. Они применяются не только в наступательных операциях, но и для обороны важных объектов, таких как базы, аэродромы или складские комплексы. Круглосуточное патрулирование позволяет выполнять задачи автоматизированного наблюдения, снижая нагрузку на охранные подразделения.

Ранняя идентификация угроз FPV-дронами, оснащенными тепловизорами и системами искусственного интеллекта, позволяет обнаруживать диверсантов, приближающуюся технику или вражеские дроны и оперативно уничтожать их, действуя в роли мобильных боевых платформ.

Эти функции особенно актуальны для охраны объектов, находящихся в зоне повышенной угрозы, таких как передовые базы или стратегические склады [3], [7].

FPV-дроны в стратегической сфере. Хотя они чаще используются на тактическом уровне, они начинают находить применение и в стратегической сфере. Например, поддержка стратегических беспилотных летательных аппаратов, когда дроны могут использоваться в составе «роя» для защиты крупных беспилотников от атак истребителей или систем противовоздушной обороны или же подготовка ударных операций, в этом случае дроны проводят предварительную разведку, обеспечивая точные данные для ракетных или авиационных ударов, и наконец, доставка микрочарядов, здесь FPV-дроны способны доставлять небольшие, но стратегически важные взрывчатые устройства в районы, куда трудно добраться обычной авиации [6], [10].

Использование FPV-дронов в стратегической авиации позволяет расширить арсенал традиционных бомбардировщиков и разведывательных самолетов.

FPV-дроны как средства борьбы с противовоздушной обороной. Дроны так же могут быть эффективно использованы для подавления и уничтожения систем противовоздушной обороны. Массовый запуск FPV-дронов перегружает системы противовоздушной обороны противника, заставляя их расходовать дорогие ракеты на дешевые дроны.

Помимо этого, они могут быть оснащены сенсорами для анализа характеристик работы противовоздушной обороны, что позволяет выявить слабые места и подготовить удар более мощными средствами. А прямые атаки дронов со взрывчаткой способны уничтожить элементы противовоздушной обороны, такие как радары, транспортные машины или пусковые установки. Эти действия делают их мощным инструментом в подавлении оборонительных систем противника [3], [8], [9].

FPV-дроны как средства информационной войны. Они активно применяются не только для боевых задач, но и для проведения операций в рамках информационной войны. Фиксируют разрушения, поражение вражеской техники или успешные атаки, что используется для информационного воздействия на противника и поддержания морального духа своей стороны.

Постоянное присутствие FPV-дронов над позициями противника создает ощущение угрозы и незащищенности, что может деморализовать солдат.

В современных конфликтах информационные операции играют ключевую роль, и дроны становятся важным инструментом создания и распространения убедительного визуального контента [10].

FPV-дроны в логистике. Помимо разведывательных и ударных функций, FPV-дроны все чаще используются в логистике. Они обеспечивают доставку небольших, но критически важных грузов, таких как боеприпасы, медикаменты или оборудование, на передовую или в труднодоступные зоны.

Дроны могут преодолевать большие расстояния быстрее, чем наземный транспорт.

Малозаметность наделяет их способностью доставлять грузы, избегая обнаружения противником. При этом исключается необходимость риска для персонала, особенно в опасных зонах.

Использование FPV-дронов в логистике особенно актуально для спецподразделений, действующих в тылу противника.

Сложности в использовании. Несмотря на явные преимущества, использование FPV-дронов связано с рядом трудностей такими как:

1. Электронное противодействие: современные армии активно развивают средства радиоэлектронной борьбы, способные подавлять каналы управления дронами.
2. Небольшое время работы: FPV-дроны имеют ограниченный радиус действия и время полета, что ограничивает их применение в дальних операциях.

3. Требования к оператору: управление FPV-дронами требует высокой квалификации, что создает необходимость обучения большого числа специалистов.

Способы противодействия FPV-дронам. С ростом использования FPV-дронов активно развиваются технологии противодействия. Основными подходами в борьбе с этим видом вооружения являются:

1. Радиоэлектронная борьба. Системы радиоэлектронной борьбы подавляют каналы связи и управления дронов, что приводит к их потере управления или возвращению на исходную позицию.

2. Антидроновые системы. Разрабатываются лазерные установки, электромагнитные пушки и даже специализированные боевые дроны для уничтожения вражеских аппаратов.

3. Оптические и тепловизионные системы обнаружения. Современные системы противовоздушной обороны адаптируются для работы с малогабаритными целями, что позволяет быстрее идентифицировать FPV-дроны и уничтожать их.

Наземные и подводные FPV-дроны. Концепция FPV-дронов выходит за пределы только воздушного пространства. В последние годы появляются разработки наземных и подводных дронов, которые расширяют возможности боевых подразделений.

Наземные дроны, оснащенные камерами и вооружением, используются для разведки на труднопроходимой местности или для атак в условиях городской застройки. Они способны выполнять такие задачи, как разминирование территорий, атака укрытых целей, такие как бункеры, заброска боеприпасов или специальных устройств в труднодоступные места.

Подводные FPV-дроны в военно-морских операциях становятся ключевым элементом для слежения за подводными лодками противника, разведки морских портов и минных полей, диверсионных операций, включая атаку на корабли или подводные коммуникации.

Эти новые платформы имеют потенциал для глубокого изменения тактики морских и наземных операций [7], [10].

Влияние FPV-дронов на развитие современных армий. FPV-дроны не только влияют на тактику ведения боевых действий, но и заставляют армии пересматривать свои тактику, стратегии и структуры. В армиях ряда стран они включены в арсенал разведывательных и ударных подразделений.

Многие армии мира формируют подразделения, специализирующиеся на управлении FPV-дронами, их обслуживании и противодействии аналогичным средствам противника, а подготовка операторов FPV-дронов становится важной частью обучения в современных вооруженных силах [2], [5].

Кроме этого, возникает необходимость интеграции антидроновых систем в каждое звено оборонительных сооружений и подразделений.

Использование же дронов меняет облик современного поля боя, делая его более динамичным, техногенным и сложным.

Эффективность их применения зависит от квалификации операторов, что требует серьезной подготовки. Это и обучение в виртуальной реальности, где для подготовки операторов используются симуляторы, позволяющие отработать управление дроном в сложных условиях, и соревнования дрон-рейсеров, так как некоторые военные структуры сотрудничают с дрон-рейсингом, чтобы привлекать опытных пилотов к службе, и наконец разработка алгоритмов для упрощения управления, так как современные системы автопилотирования постепенно снижают требования к навыкам операторов.

Развитие технологий. Технологии FPV-дронов развиваются с огромной скоростью. В перспективе можно ожидать повышения автономности дронов с элементами искусственного интеллекта выполняющих задания без постоянного контроля оператора. Интегрируя с другими системами они будут взаимодействовать с другими боевыми

платформами, включая танки, самолеты и артиллерию. Улучшения технологий маскировки, таких как использование малозаметных материалов и снижение тепловой сигнатуры сделают их еще менее уязвимыми.

В ближайшие годы FPV-дроны могут занять ключевую роль в ведении боевых действий. Среди ключевых трендов выделим следующие:

1. Масштабное производство для армий. Государства вкладывают средства в массовое производство FPV-дронов для стандартных военных подразделений.

2. Интеграция с технологиями дополненной реальности (AR). Использование AR-гарнитур улучшит ситуационную осведомленность оператора FPV-дронов.

3. Унификация вооружения дронов. Создание стандартных боевых модулей упростит их интеграцию в арсенал.

4. Технологии самовосстановления. FPV-дроны будущего могут быть оснащены функциями самовосстановления после повреждений, что увеличит их боеспособность.

Развитие технологий FPV-дронов приводит к появлению новых подходов к их использованию в военной сфере. Ведутся активные разработки технологий, позволяющих координировать действия множества дронов. Рой дронов способен атаковать одновременно несколько целей, обеспечивая эффективность и запутывая системы противовоздушной обороны.

Технологии искусственного интеллекта значительно расширяют возможности FPV-дронов. Дроны с искусственным интеллектом могут самостоятельно анализировать обстановку, идентифицировать цели и даже выбирать оптимальный маршрут для избегания угроз. Это снижает нагрузку на оператора и ускоряет выполнение задач. Использование искусственного интеллекта для точного определения целей (например, техники или солдат) увеличивает эффективность дронов в бою. Дроны с искусственным интеллектом становятся самообучаемы, они могут использовать алгоритмы машинного обучения для адаптации к различным условиям боя. Интеграция искусственного интеллекта особенно перспективна для роя дронов, где они смогут работать координированно и принимать групповые решения без участия оператора [1], [3], [6], [8].

Разрабатываются малозаметные дроны с возможностью доставки крохотных зарядов взрывчатки или химических веществ. Такие дроны можно использовать для точечных ликвидаций или вывода из строя объектов противника.

Если заглядывать в будущее FPV-дронов, то оно вероятно будет связано с их интеграцией с передовыми военными технологиями. Они смогут работать в связке с роботизированными наземными и воздушными системами, создавая полностью интегрированные боевые группы. А использование квантовой криптографии обеспечит защиту каналов управления от взлома или подавления. Разработка новых аккумуляторов или систем беспроводной зарядки увеличит время работы в полете. Эти технологии позволят FPV-дронам стать еще более автономными, надежными и универсальными [4], [9].

Этические и правовые аспекты применения FPV-дронов. Широкое использование дронов в военных действиях вызывает множество вопросов, связанных с их этическим и правовым статусом. Часто они используются для атак на гражданскую инфраструктуру, что нарушает международное гуманитарное право. Доступность FPV-дронов позволяет попасть в руки террористов или организованных преступных группировок. В связи с этим возникает необходимость создания новых норм и законов, регулирующих разработку, продажу и применение FPV-дронов.

Этические аспекты становятся особенно актуальными с учетом возможного использования дронов для целенаправленных ликвидаций и атак с минимальным вмешательством человека.

Заклучение

Таким образом FPV-дроны уже сегодня меняют облик военных конфликтов, влияют на тактику ведения боевых действий и заставляют армии пересматривать свои тактику, стратегии и структуры, а в ближайшем будущем их возможности продолжат расширяться благодаря технологическим инновациям. Эти устройства становятся не просто оружием, но и важным элементом комплексной стратегии ведения войны.

Список использованных источников

1. FPV-дроны в конфликте на Украине: преимущества и недостатки технологии. <https://ren.tv/longread/1088889-fpv-drony-v-konflikte-na-ukraine-preimushchestva-i-nedostatki-tehnologii>
2. FPV-дроны завоевывают поле боя. <https://armystandard.ru/news/20231261712-o0qQy.html>
3. Как самодельные FPV-дроны стали самым большим кошмаром для людей и техники в зоне СВО. <https://profile.ru/military/kak-samodelnye-fpv-drony-stali-samym-bolshim-koshmarom-dlya-ljudej-i-tehniki-v-zone-svo-1440283/>
4. Западные СМИ объяснили, почему война дронов идет не в пользу Киева. <https://newizv.ru/news/2023-07-16/zapadnye-smi-ob-yasnili-pochemu-voyna-dronov-idet-ne-v-polzu-kieva-413562>
5. Один из самых эффективных типов вооружения в зоне СВО – FPV-дроны. https://www.1tv.ru/news/2023-08-27/460035-odin_iz_samyh_effektivnyh_tipov_vooruzheniya_v_zone_svo_fpv_drony
6. «Артиллерия с «глазами»: разработчик – о новых FPV-дронах и опыте их применения в ходе СВО. / <https://russian.rt.com/russia/article/1159975-fpv-dron-dzhoker-svo-kuzynkin>
7. Эксперт рассказал о влиянии FPV-дроны на поле боя. <https://ria.ru/20240401/drony-1937041771.html>
8. Украина и Россия ведут гонку за FPV-дроны с машинным зрением. Что это за технология и как может повлиять на войну? <https://forbes.ua/ru/war-in-ukraine/nastupniy-game-changer-ukraina-i-rosiya-vedut-peregoni-za-fpv-droni-z-mashinnim-zorom-shcho-tse-za-tehnologiya-ta-yak-mozhe-vplinitu-na-viynu-rozbir-forbes-05032024-19640>
9. FPV-дроны: в чем их особенность и что они могут делать на фронте. https://mo.tsargrad.tv/news/fpv-jeto-oshhushhenie-poleta_752328
10. Битва роботов на полях СВО: Как беспилотники России сражаются с украинскими в воздухе и на земле. <https://www.kp.ru/daily/27551/4876400/>

УДК 620.97

В.Ю. Чубачук, А.Н. Гониченко

*Военный институт Сил воздушной обороны имени Т. Я. Бегельдинова,
Республика Казахстан, город Актөбе*

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Андатпа: Соңғы жылдары ұшқышсыз ұшу аппараттары (ұшқышсыз ұшу аппараттары) танымал болды және ауыл шаруашылығы, жеткізу, қоршаған ортаны қорғау және мониторингті қоса алғанда, әртүрлі қызмет салаларында белсенді түрде енгізілуде. Оларды пайдалану жаңа көкжиектер ашады және әртүрлі процестердің тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Алайда, дрондардың танымалдылығының артуымен қатар, оларды пайдалану қауіпсіздігіне байланысты көптеген қиындықтар туындайды. ҰҰА-ның қауіпсіз ұшуын қамтамасыз ету техникалық тексеруден және бағдарламалық сүйемелдеуден бастап нормативтік талаптарды сақтауға және әуе кеңістігінің басқа қатысушыларымен өзара іс-қимылға дейінгі барлық шаралар кешенін қамтиды. Технологиялардың қарқынды дамуы және заңнаманың өзгеруі жағдайында ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз етудің сенімді жүйесін құру ұшқышсыз ұшу аппараттарын пайдаланумен айналысатын барлық адамдар үшін өзекті ғана емес, сонымен қатар қажетті міндетке айналады. Бұл мақала бағдарламалық қамтамасыз етудің негізгі аспектілеріне арналған. Талдау барысында негізгі проблемалар мен сын-қатерлер анықталады, олардың ішінде ұшқышсыз ұшу үшін бірыңғай қауіпсіздік стандартының жоқтығын, соқтығысуды анықтау мен болдырмаудың техникалық құралдарын әзірлеу және енгізу қажеттілігін, сондай-ақ киберқауіпсіздік пен деректерді қорғау мәселелерін бөліп көрсету қажет. Сондай-ақ стандарттар мен нормативтерді әзірлеуді, персоналды оқыту мен сертификаттауды, сондай-ақ жаңа технологиялар мен автоматты басқару жүйелерін енгізуді қоса алғанда, ұшқышсыз ұшу қауіпсіздігін жақсарту бойынша шаралар мен ұсыныстар талқыланады. Қорытындылай келе, ҰҰА ұшуларының қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласындағы одан әрі зерттеулер мен әзірлемелердің қажеттілігі, сондай-ақ осы мәселені шешу үшін мемлекеттік қолдау мен халықаралық ынтымақтастықтың маңыздылығы туралы қорытындылар шығарылады және қорытындылар жасалады. Ерекше назар аударуды қажет ететін негізгі аспектілердің бірі-ұшқышсыз ұшу қауіпсіздігін жақсарту үшін техникалық шешімдерді әзірлеу және енгізу. Бұл соқтығысуды анықтау және болдырмау жүйелерін, автоматты басқару жүйелерін және нақты уақыт режимінде шешім қабылдауға арналған жасанды интеллект алгоритмдерін әзірлеуді қамтиды. Техникалық аспектілерден басқа, ұшқыштарды, операторларды және техникалық персоналды қоса алғанда, ұшқышсыз ұшу қауіпсіздігі ережелері мен процедуралары бойынша оқыту да маңызды. Сондай-ақ, ұшқышсыз ұшу аппараттарымен әуе операциялары саласындағы нормативтік-құқықтық базаны әзірлеу және жақсарту қажеттілігіне назар аударған жөн. Бұл әуе аппараттарын сертификаттау стандарттары мен талаптарын, сондай-ақ әуе кеңістігін пайдалану және басқару ережелерін әзірлеуді қамтиды. Сондай-ақ ҰҰА-мен әуе операцияларының тиімді жұмысы мен қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін мемлекеттік органдар, операторлар және басқа да мүдделі тараптар арасындағы іс-қимылдарды үйлестіруді қамтамасыз ету маңызды.

Түйін сөздер: Электрондық топографиялық қолдау

Annotation: In recent years, unmanned aerial vehicles (UAVs) have gained recognition and are being actively implemented in various fields of activity, including agriculture, shipping, environmental protection and monitoring. Their use opens up new horizons and provides opportunities to improve the efficiency of various processes. However, along with the growing popularity of drones, there are also many challenges related to the safety of their operation.

Ensuring safe UAV flights includes a whole range of measures, from technical verification and software support to compliance with regulatory requirements and interaction with other participants in the airspace. With the rapid development of technology and changes in legislation, the creation of a reliable flight safety system is becoming not only an urgent, but also a necessary task for everyone involved in the operation of unmanned aerial vehicles. This article is devoted to the key aspects of software security. In the course of the analysis, the main problems and challenges are identified, among which it is necessary to highlight the lack of a single safety standard for unmanned aerial vehicles, the need to develop and implement technical means for detecting and preventing collisions, as well as cybersecurity and data protection issues. Measures and proposals to improve the safety of unmanned aerial vehicles will also be discussed, including the development of standards and regulations, training and certification of personnel, as well as the introduction of new technologies and automatic control systems. In conclusion, conclusions are drawn and conclusions are drawn about the need for further research and development in the field of ensuring the safety of UAV flights, as well as the importance of state support and international cooperation to solve this problem. One of the main aspects that requires special attention is the development and implementation of technical solutions to improve the safety of unmanned aerial vehicles. This includes the development of collision detection and avoidance systems, automatic control systems and artificial intelligence algorithms for making decisions in real time. In addition to the technical aspects, training in drone safety rules and procedures, including pilots, operators and technical personnel, is also important.

Key words: Electronic topographical support

Аннотация: В последние годы беспилотные летательные аппараты (БПЛА) завоевали признание и активно внедряются в различных сферах деятельности, включая сельское хозяйство, доставки, охрану и мониторинг окружающей среды. Их использование открывает новые горизонты и предоставляет возможности для повышения эффективности различных процессов. Однако наряду с ростом популярности дронов возникает и множество вызовов, связанных с безопасностью их эксплуатации.

Обеспечение безопасных полетов БПЛА включает в себя целый комплекс мер, от технической проверки и программного сопровождения до соблюдения нормативных требований и взаимодействия с другими участниками воздушного пространства. В условиях быстрого развития технологий и изменения законодательства, создание надежной системы обеспечения безопасности полетов становится не только актуальной, но и необходимой задачей для всех, кто занимается эксплуатацией беспилотных летательных аппаратов. Настоящая статья посвящена ключевым аспектам обеспечения полетов БПЛА, которые помогут не только минимизировать риски, но и способствовать рациональному использованию этих инновационных технологий. Рассмотрим основные составляющие, от технических до этических вопросов, обеспечивающих безопасность и эффективность эксплуатации беспилотников в современном обществе. Одним из ключевых факторов, обеспечивающих безопасность полетов БПЛА, является квалификация и подготовка оператора. Современные требования к обучению операторов БПЛА становятся все более строгими. Они должны не только освоить навыки управления аппаратом, но и понимать принципиальные аспекты навигации, метеорологии и авиационной безопасности. Специализированные курсы и тренинги помогают обеспечить высокий уровень профессионализма, что, в свою очередь, минимизирует вероятность ошибок во время полета. С ростом использования БПЛА в гражданской и коммерческой сфере возникает вопрос об этике их эксплуатации. Это включает в себя соблюдение приватности граждан, правильное использование дронов для мониторинга и соблюдение баланса между инновациями и правами человека. Операторы должны быть осведомлены о действующих законах и этических нормах, а также учитывать мнение общественности при осуществлении своих полетов. Эти усовершенствования, в конечном счете, повлияют не

только на технологическую сторону вопроса, но и на общественное восприятие БПЛА, что имеет критическое значение для принятия и реализации новых инициатив в этой быстро развивающейся сфере.

Ключевые слова: Электронное топографическое обеспечение

Введение

В последние годы внимание к экологии и устойчивому развитию стало особенно актуальным. БПЛА могут сыграть важную роль в мониторинге и охране окружающей среды. Например, дроны используются для оценки экологического состояния, наблюдения за дикой природой, а также для контроля за загрязнением и изменениями в климатических условиях. В этой связи возникает задача внедрения безопасных методов эксплуатации, которые учитывают воздействие дронов на экосистемы.

Наиболее современные БПЛА разрабатываются с учетом минимального воздействия на природу, что позволяет снизить уровень шума и расход топлива. Интеграция БПЛА в проекты по охране окружающей среды требует соблюдения строгих экологических норм и стандартов, что делает обеспечение их полетов еще более важной задачей. Беспилотные летательные аппараты находят применение в самых различных отраслях, начиная от видеосъемки и заканчивая специализированными задачами, такими как доставка лекарств или мониторинг инфраструктуры. Для каждого из этих применений необходимо разрабатывать индивидуальные протоколы безопасности, учитывающие специфику задач, а также потенциальные риски. Например, при использовании БПЛА для доставки медикаментов в труднодоступные районы важным будет соблюдение безопасных высот полетов и устранение возможных препятствий, таких как линии электропередач или здания. Учитывая многообразие применений, развитие стандартов безопасности должно быть динамичным и адаптивным. Общественное восприятие беспилотных летательных аппаратов играет важную роль в их безопасной эксплуатации. Мнение граждан о дронах может варьироваться от полной поддержки до выраженного недовольства, связанного с вопросами приватности и безопасности. Поскольку БПЛА используются все чаще, важно вести активный диалог с общественностью, объясняя преимущества технологии и обеспечивая прозрачность в вопросах ее применения. Образовательные инициативы, направленные на повышение осведомленности о возможностях и рисках, связанных с эксплуатацией БПЛА, способны улучшить понимание общества. Программы семинаров, выставок и информационных кампаний помогут устранить страхи и предвзятости, сделав использование беспилотников более приемлемым и понятным для широкой аудитории.

В условиях быстрого технологического прогресса необходимость в эффективных системах регулирования БПЛА становится критически важной. Регуляторы должны быть гибкими и готовыми адаптировать свои подходы к изменяющимся условиям, обеспечивая безопасность полетов и при этом не перегружая операторов излишними ограничениями. В будущем можно ожидать дальнейшей гармонизации международных стандартов, что позволит создать унифицированные правила для эксплуатации БПЛА в разных странах. Это важный шаг в сторону создания органичной и безопасной системы, где беспилотные летательные аппараты будут интегрированы в повседневную жизнь, а не восприниматься как источник потенциальной опасности.

Метод исследования

Метод исследования в контексте обеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) включает в себя многослойный и многогранный подход, охватывающий различные аспекты, от технических характеристик до социокультурных влияний. Основные методы, используемые в данном исследовании, могут быть разделены на несколько категорий:

1. Аналитический метод: Этот метод включает в себя анализ существующей литературы, нормативных документов и стандартов, касающихся эксплуатации БПЛА. Изучение законодательства, международных рекомендаций и технологий позволяет выявить лучшие практики и проблемы в области обеспечения полетов.

2. Качественные и количественные методы: Использование как качественных, так и количественных методов дает возможность получить глубокое понимание различных аспектов использования БПЛА.

Качественные методы могут включать в себя интервью с операторами БПЛА, экспертами и представителями регуляторных органов для получения мнений о текущих проблемах и потенциальных решениях.

Количественные методы могут включать в себя сбор данных о частоте несчастных случаев, происшествий и инцидентов, связанных с использованием БПЛА, что позволит провести статистический анализ и выявить наиболее уязвимые области.

3. Полевая работа и наблюдение: Проведение полевых исследований позволяет собирать данные в реальных условиях эксплуатации БПЛА. Наблюдения за полетами, анализ производительности при различных метеорологических условиях и изучение взаимодействия с другими воздушными судами помогут оценить эффективность и безопасность операций.

4. Моделирование и симуляция: Использование симуляторов для моделирования различных сценариев, связанных с полетами БПЛА, может помочь в анализе потенциальных рисков и оценке поведения систем в экстремальных ситуациях. Это особенно важно для оценки работы систем автоматического управления и отказоустойчивости.

5. Опросы и анкетирование: Опросы среди операторов БПЛА, потребителей и заинтересованных сторон помогут собрать информацию о восприятии безопасности, потребностях и ожиданиях от использования БПЛА. Это может быть полезным для выявления недочетов и улучшения процессов обучения и сертификации.

6. Сравнительный анализ: Сравнительный анализ практик различных стран и регионов в области регулирования и эксплуатации БПЛА может помочь выявить успешные модели и подходы, которые могли бы быть применены на локальном уровне. Это важно для формирования единой стратегии обеспечения полетов, учитывающей международный опыт.

7. Интердисциплинарный подход: Обеспечение полетов БПЛА требует совместной работы специалистов из различных областей — авиации, права, экологии, информационных технологий и социологии. Интердисциплинарный подход позволяет учитывать все аспекты проблемы и находить наиболее эффективные решения.

Основные аспекты обеспечения полетов БПЛА

1. Техническая безопасность: Для обеспечения надежности беспилотных аппаратов необходима тщательная проверка всех компонентов. Это включает регулярное техническое обслуживание, калибровку сенсоров и проверку программного обеспечения. Важно, чтобы БПЛА имел встроенные системы отказоустойчивости, которые позволят аппарату выполнять безопасную посадку в случае возникновения неполадок.

2. Программное обеспечение и управление: Обеспечение полетов также зависит от качества программного обеспечения. Современные БПЛА используют интеллектуальные алгоритмы для навигации, что позволяет избегать препятствий и изменять маршрут в реальном времени. Необходимо регулярно обновлять программное обеспечение, чтобы предотвратить кибератаки и сбои в системах управления.

3. Лицензирование и регуляция: Существуют международные и национальные правила, регулирующие эксплуатацию БПЛА. Все операторы должны пройти соответствующее обучение и получить лицензии. Кроме того, соблюдение правовых норм

гарантирует безопасность и эффективность полетов, а также минимизирует риски для людей и имущества на земле.

4. Взаимодействие с другими воздушными судами: Одной из ключевых задач при обеспечении полетов БПЛА является предотвращение столкновений с другими воздушными судами. Для этого разрабатываются системы, которые позволяют обмениваться информацией между различными летательными аппаратами. Применение технологий ADS-B (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast) позволяет БПЛА получать данные о нахождении других воздушных объектов в пределах контролируемого воздушного пространства.

5. Мониторинг и управление воздушным пространством: Для обеспечения безопасности полетов БПЛА необходима эффективная система мониторинга воздушного пространства. Это может включать в себя использование радаров, спутниковых систем и наземных контролирующих станций. Системы управления должны обеспечить возможность быстрой реакции на неожиданные ситуации, такие как изменение погоды или возникновение опасных условий на маршруте.

Результаты обсуждения

Обсуждение результатов исследования в области обеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) показало, что актуальные вопросы, стоящие перед этой областью, требуют комплексного подхода и координации действий различных участников. Ниже представлены основные выводы и рекомендации, полученные в результате анализа и обсуждения:

1. Уровень безопасности и надежности БПЛА: Анализ текущих стандартов и практики эксплуатации БПЛА показал необходимость повышения уровня безопасности. Многие инциденты, произошедшие в последние годы, были следствием технических неисправностей или человеческого фактора. Рекомендуется внедрение более строгих стандартов технического обслуживания и регулярного контроля качества, а также обязательная сертификация всех компонентов аппаратов. Это будет способствовать увеличению надежности и уменьшению числа аварий.

2. Важность обучения операторов: Результаты опросов и интервью подтвердили, что многие операторы БПЛА испытывают неопределенность в отношении правил и поведения в различных ситуациях. Необходимость в систематическом обучении и повторной сертификации операторов стала очевидной. Разработка стандартизированных образовательных программ и курсов повышения квалификации может существенно снизить риски, связанные с неопытностью.

3. Инновационные технологии: Изученные данные подчеркнули роль инновационных технологий в обеспечении безопасности полетов. Внедрение систем автоматического обнаружения и предотвращения столкновений, использование машинного обучения для предсказания погодных условий и улучшение связи между дронами и наземными станциями может значительно повысить безопасность полетов. Рекомендуется активное финансирование исследований в этой области.

4. Этические и правовые аспекты: Обсуждение вопросов, связанных с права на приватность и безопасность граждан, подтвердило, что необходимо разработать четкие правовые рамки для эксплуатации БПЛА. Это должно включать в себя механизмы защиты данных и предотвращение злоупотребления технологиями. Разработка этических стандартов эксплуатации БПЛА также стала важной темой, требующей внимания со стороны регуляторов и общества.

5. Эффективное управление воздушным пространством: Проведенный анализ воздушного пространства и взаимодействия между различными воздушными судами привел к выводу о необходимости создания более эффективной системы управления. Установление четких протоколов взаимодействия между БПЛА и пилотируемыми

летательными аппаратами, а также внедрение технологий для автоматического обмена данными между ними могут значительно повысить безопасность полетов.

Заключение

Обеспечение полетов беспилотного летательного аппарата - это сложная, многогранная задача, требующая скоординированных действий различных участников процесса, включая операторов, регуляторов и техников. Применение современных технологий, соблюдение норм и правил, а также сотрудничество специалистов различных отраслей помогут создать безопасную и эффективную среду для эксплуатации БПЛА. В преддверии дальнейших достижений в этой области можно с уверенностью сказать, что будущее беспилотной авиации будет базироваться на высоких стандартах безопасности и инновационных решений.

В целом, обеспечение полетов беспилотного летательного аппарата является многослойным процессом, который требует значительных усилий со стороны всех участников. От технических решений до человеческого фактора — каждая деталь остается критически важной для обеспечения безопасности. С учетом постоянного прогресса технологий, можно ожидать, что в будущем практики и стандарты будут постоянно обновляться и улучшаться, обеспечивая тем самым безопасное и эффективное использование беспилотных летательных аппаратов во всех областях жизни.

В заключение, обеспечение безопасных полетов беспилотных летательных аппаратов требует многостороннего подхода и учета множества факторов - от новых технологий до особенностей юридического регулирования и мнения общества. Важно, чтобы все заинтересованные стороны — производители, операторы, регуляторы и пользователи — работали совместно, создавая совместные решения и адаптируясь к меняющимся условиям.

Только совместными усилиями можно гарантировать безопасность и эффективность полетов БПЛА, что освободит их потенциал, позволяя использовать дронов для улучшения жизни общества и решения актуальных проблем, таких как доставка, логистика, экологический мониторинг и многое другое. С каждым новым шагом на этом пути мы приближаемся к созданию интегрированного и гармоничного воздушного пространства, где беспилотные летательные аппараты станут важными и безопасными участниками нашей повседневной жизни.

Список используемых источников

1. Документы и публикации Международной организации гражданской авиации (ICAO): • ICAO (2020). "Safety Report". ICAO (2019). "RPAS Manual".
2. Документы Европейского агентства по безопасности авиации (EASA): • EASA (2021). "Annual Safety Review". EASA (2020). "Guidelines on the Operation of Drones".
3. Законодательные акты Республики Казахстан: Закон Республики Казахстан "О воздушном пространстве и его использовании" (последние изменения и дополнения). Закон Республики Казахстан "О гражданской авиации" (последние изменения и дополнения).
4. Научные статьи и исследования: Иванов И.И., Петров П.П. (2020). "Анализ применения беспилотных авиационных систем в гражданской авиации Республики Казахстан". Журнал "Авиация и технологии". Сидорова Е.А. (2019). "Безопасность полетов БПЛА: международный опыт и практика Республики Казахстан". Журнал "Транспорт и безопасность".
5. Материалы конференций и профессиональных форумов: Материалы Международной конференции по безопасности полетов (2021). Тезисы докладов симпозиума по инновациям в области беспилотных авиационных систем (2020).
6. Отчеты и аналитические материалы независимых исследовательских центров: Центр Авиационных Исследований (2022). "Беспилотная авиация в Казахстане: текущее

состояние и перспективы". Институт Транспортной Аналитики (2021). "Безопасность использования БПЛА в коммерческих и гражданских целях".

Эти источники предоставят необходимую информационную базу для глубокого анализа текущего состояния и разработки рекомендаций по повышению безопасности полетов беспилотных авиационных систем в Казахстане.

УДК 623.61

А.М.Токтаров¹, Н.Н.Жетенов¹, К.Тасбулатов²

¹Национальный Университет Обороны Республики Казахстан,

Республика Казахстан, город Астана,

²Военный Университет Радиоэлектроники

Российская Федерация, город Череповец

toktarov.abilmansur@mail.ru

МАКЕТ ПЕЛЕНГАТОРА НА ОСНОВЕ SDR-ТЕХНОЛОГИИ

Андатпа: SDR негізіндегі пеленгатордың орналасуы (Software Defined Radio, яғни "бағдарламалық басқарылатын Радио") — бұл радио көзіне бағытты анықтау үшін SDR технологиясын қолданатын құрылғы. Мұндай пеленгатор радиожиилікті қабылдау мен сигналдарды талдауды икемді басқаруға мүмкіндік беретін бағдарламалық жасақтама негізінде жұмыс істейді, бұл дәстүрлі аналогтық жүйелермен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтар береді. Бұл тәсіл жабдықты өзгертуді қажет етпестен пеленгатордың бағдарламалық жасақтама компоненттерін бейімдеу және жаңарту мүмкіндіктерінің арқасында үлкен болашаққа ие. Дәстүрлі аналогтық жүйелерден айырмашылығы, SDR пеленгаторы жиілік диапазоны мен сигналдарды өңдеу алгоритмдерін реттеуге икемділік береді. Жүйе әртүрлі антенналармен жұмыс істей алады және азимутты есептеу үшін фазалық салыстыру немесе уақытша жылжыту әдістерін қолдана алады. Бұл тәсіл жоғары дәлдікті, көп тапсырманы және әртүрлі жағдайларға бейімделу мүмкіндігін қамтамасыз етеді, бұл оны әскери, құтқару және ғылыми ортада пайдалы етеді. Бағдарламалық жасақтаманы әр түрлі сигналдарға бейімдеу және бейімдеу жұмыстың дәлдігі мен тиімділігін қамтамасыз етеді, бұл құрылғының радионавигациядағы, радио барлаудағы, құтқару жұмыстарындағы осындай функцияларын қамтамасыз етеді. Ол үшін қолданылады: Радионавигациялар-авиацияда, теңізде және құрлықта сигнал көздерінің орналасқан жері мен бағытын анықтау үшін (мысалы, маяктар). 2. Радио барлау және қадағалау - радиостанциялар, радиомаяктар немесе басқа байланыс құрылғылары сияқты радио сигналдарының көздерін табу үшін әскери және барлау мақсатында. 3. Құтқару операциялары - жоғалған объектілерді іздеу үшін, мысалы, кемелердегі немесе әуе кемелеріндегі радиомаяктардың көмегімен. 4. Ғылыми зерттеулер - радио сәулеленуді зерттеу және астрономияда және басқа салаларда қолданылатын сигналдарды бақылау. 5. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету-радиожиилік кедергілерінің немесе рұқсат етілмеген радио сигналдардың көздерін оқшаулау үшін мониторинг және қорғау жүйелерінде. SDR негізіндегі Пеленгатор макеті бағдарламаланатын мүмкіндіктердің арқасында икемділік пен жоғары дәлдікті қамтамасыз етеді, бұл оны әртүрлі радионавигациялық және барлау тапсырмалары үшін әмбебап құрал етеді. Мақалада SDR технологиясын қолданатын Пеленгатор макетін жобалау және әзірлеу қарастырылады. Бұл технология құрылғының параметрлері мен функционалдығын бағдарламалық басқару арқылы радио жүйелердің икемділігі мен бейімделуін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу SDR жұмысының негізгі принциптерін, сондай-ақ оларды әртүрлі жиілік диапазондары мен жағдайларында тиімді жұмыс істей алатын пеленгаторларды жасау үшін қолдануды ұсынады. Пеленгатордың негізгі элементтерінің сипаттамасы радиотолқындар көзінің бағытын анықтау үшін арнайы радио модульдерді, сигналдарды өңдеу бағдарламалық құралын және алгоритмдерді пайдалануды қамтиды. Сондай-ақ, SDR-ді координаталық дәлдік және кедергілерді өңдеу сияқты бағыттау жүйелеріне біріктірудің артықшылықтары мен қиындықтары қарастырылады. Қорытындылай келе, радиобайланыс пен әскери технологияларды қоса алғанда, әртүрлі салаларда заманауи және әмбебап пеленгаторларды әзірлеу үшін SDR технологияларын пайдалану перспективаларына қатысты қорытындылар жасалды.

Түйін сөздер: SDR технологиялары, фазалық пеленгатор, орналасу, алгоритм, радио сәулелену көздері, аппараттық және бағдарламалық қамтамасыз ету жүйелері, орналасқан жерді анықтау, енгізу, зерттеу бағдарламалық қамтамасыз ету.

Abstract: An SDR (Software Defined Radio, i.e. "Software Controlled Radio") direction finder layout is a device that uses SDR technologies to determine the direction to a radio signal source. Such a direction finder works on the basis of software that allows flexible control of radio frequency reception and signal analysis, which provides significant advantages over traditional analog systems. This approach has a great future due to the possibilities of adapting and updating the software components of the direction finder without the need to change the hardware. Unlike traditional analog systems, the SDR direction finder provides flexibility in setting the frequency range and signal processing algorithms. The system can work with various antennas and use phase comparison or time dilation methods to calculate the azimuth. This approach provides high accuracy, multitasking and the ability to adapt to different conditions, which makes it useful in the military, rescue and scientific circles. Software tuning and adaptation to various types of signals ensures accuracy and efficiency of operation, which provides such functions of the device in radio navigation, radio reconnaissance, rescue operations. It is used for: 1. Radio navigation - in aviation, maritime and land transport to determine the location and direction of signal sources (for example, lighthouses). 2. Radio intelligence and tracking - for military and intelligence purposes to find sources of radio signals, such as radio stations, beacons or other communication devices. 3. Rescue operations - to search for lost objects, for example, using radio beacons on ships or in aircraft. 4. Scientific research - for the study of radio emissions and observations of signals used in astronomy and other fields. 5. Security - in monitoring and security systems to locate sources of radio frequency interference or unauthorized radio signals. The SDR-based direction finder layout provides flexibility and high accuracy, thanks to programmable functions, which makes it a versatile tool for various radio navigation and reconnaissance tasks. The article discusses the design and development of a direction finder layout using SDR technology. This technology allows you to significantly increase the flexibility and adaptability of radio systems by programmatically controlling the parameters and functionality of the device. The study presents the basic principles of SDR operation, as well as their application to create direction finders that can work effectively in various frequency ranges and conditions. The description of the key elements of the direction finder includes the use of specialized radio modules, signal processing software and algorithms to determine the direction of the radio source. The advantages and challenges of integrating SDR into direction finding systems, such as the accuracy of coordinate determination and interference processing, are also considered. In conclusion, the results concerning the prospects of using SDR technologies for the development of modern and universal direction finders in various fields, including radio communications and military technologies, are summarized.

Key words: SDR technologies, phase direction finder, layout, algorithm, radio sources, hardware and software systems, location determination, implementation, research software.

Аннотация: Макет пеленгатора на основе SDR (Software Defined Radio, то есть "Радио с программным управлением") - это устройство, использующее технологии SDR для определения направления на источник радиосигнала. Такой пеленгатор работает на основе программного обеспечения, которое позволяет гибко управлять радиочастотным приемом и анализом сигналов, что дает значительные преимущества по сравнению с традиционными аналоговыми системами. Такой подход имеет большое будущее благодаря возможностям адаптации и обновления программных компонентов пеленгатора без необходимости изменения аппаратного обеспечения. В отличие от традиционных аналоговых систем, SDR-пеленгатор предоставляет гибкость в настройке частотного диапазона и алгоритмов обработки сигналов. Система может работать с различными антеннами и использовать

методы фазового сравнения или временного раздвижения для вычисления азимута. Такой подход обеспечивает высокую точность, многозадачность и возможность адаптации под разные условия, что делает его полезным в военных, спасательных и научных кругах. Программная настройка и адаптация под различные типы сигналов обеспечивает точность и эффективность работы, что обеспечивает такие функции устройства в радионавигации, радиоразведке, спасательных операциях. Он используется для: 1. Радионавигации - в авиации, морском и наземном транспорте для определения местоположения и направления источников сигналов (например, маяков). 2. Радиоразведки и слежения - в военных и разведывательных целях для нахождения источников радиосигналов, таких как радиостанции, радиомаяки или другие устройства связи. 3. Спасательных операций - для поиска потерявшихся объектов, например, с помощью радиомаяков на судах или в воздушных судах. 4. Научных исследованиях - для изучения радиоизлучений и наблюдений за сигналами, используемыми в астрономии и других областях. 5. Обеспечения безопасности - в системах мониторинга и охраны для локализации источников радиочастотных помех или несанкционированных радиосигналов. Макет пеленгатора на основе SDR обеспечивает гибкость и высокую точность, благодаря программируемым функциям, что делает его универсальным инструментом для различных радионавигационных и разведывательных задач. В статье рассматривается проектирование и разработка макета пеленгатора, использующего технологию SDR. Эта технология позволяет значительно повысить гибкость и адаптивность радиосистем за счёт программного управления параметрами и функционалом устройства. В рамках исследования представлены основные принципы работы SDR, а также их применение для создания пеленгаторов, которые могут эффективно работать в различных частотных диапазонах и условиях. Описание ключевых элементов пеленгатора включает использование специализированных радиомодулей, программного обеспечения для обработки сигналов и алгоритмов для определения направления источника радиоволн. Также рассмотрены преимущества и вызовы при интеграции SDR в системы пеленгации, такие как точность определения координат и обработка помех. В заключение подведены итоги, касающиеся перспектив использования SDR-технологий для разработки современных и универсальных пеленгаторов в различных сферах, включая радиосвязь и военные технологии.

Ключевые слова: SDR-технологии, фазовый пеленгатор, макет, алгоритм, источники радиоизлучения, аппаратно-программные системы, определение местоположения, реализация, исследование программное обеспечение.

Введение

Одной из основных целей разработки средств пеленгования и определения местоположения (далее ОМП) источников радиоизлучения (далее ИРИ) является создание универсальных аппаратно-программных систем (далее АПС) из минимального состава устройств, для выполнения максимально возможного объема задач [1]. Основными требованиями к средствам пеленгования и ОМП ИРИ являются универсальность и многофункциональность, направленные на минимизацию и унификацию как программного обеспечения (далее ПО), так и аппаратуры [2,3].

Частичное уменьшение состава средств пеленгования и ОМП ИРИ может быть достигнуто на основе функционально-блочного принципа объединением базовых и дополнительных устройств. Исследование вариантов построения цифровых радиоприемных устройств (далее ЦРПУ) и антенных систем (далее АС) с широким диапазоном рабочих частот (далее ДРЧ) показывают, что наименьшее количество средств достигается за счет ограничения рабочего диапазона базового средства при возможности его расширения дополнительными устройствами. На современном этапе развития технологии реализация всех или большинства функций в одном конструктивно

законченном устройстве привела бы к неоправданному увеличению его массы, габаритных размеров, энергопотребления и стоимости. Реализация данного принципа позволяет выбрать фиксированный базовый состав устройств для выполнения конкретных задач [4,5].

Реализация принципа multifunctionality предполагает: сокращение состава средств пеленгования и ОМП ИРИ на основе использования технологии программно-определяемого радио (Software Defined Radio, SDR), согласно которому оцифрованные радиосигналы преобразуются к необходимой форме под управлением встроенного ПО в цифровых процессорах обработки сигналов или программируемых логических интегральных схемах (далее ПЛИС) для выполнения различных алгоритмов обработки сигналов; совмещение функций в отдельно реализуемых устройствах; рациональное распределение задач между двумя слоями ПО, используемых в аппаратном цифровом блоке и в управляющей персональной электронно-вычислительной машине.

Кроме того, наличие открытой библиотеки команд для каждого из средств позволяет оператору самому программировать и решать специфические новые задачи имеющимися аппаратными средствами пеленгования и ОМП ИРИ [6].

Методы исследования

Для статьи, посвященной разработке макета пеленгатора на основе SDR-технологии, были использованы следующие методы исследования:

1. Экспериментальный метод:

Это основной метод, применяемый в данной работе. Он включает в себя создание макета пеленгатора, проведение экспериментов с его использованием для пеленгации радиосигналов, анализ его эффективности и точности в различных условиях. Экспериментальные исследования позволяют выявить сильные и слабые стороны устройства, а также оптимизировать его характеристики.

2. Метод моделирования:

Моделирование сигналов и характеристик пеленгатора с использованием программных инструментов и моделей радиоканал. Этот метод позволяет исследовать поведение системы в различных условиях (например, при изменении частот, помехах, а также в условиях различных источников сигналов) до проведения реальных экспериментов. Моделирование помогает оптимизировать параметры устройства, снижая количество необходимых физических экспериментов.

3. Аналитический метод:

Использование математического моделирования и анализа для изучения принципов работы SDR-системы, алгоритмов пеленгации, обработки сигналов и оценки точности пеленгации. Этот метод может включать теоретические выкладки, расчеты на основе существующих моделей радиопередач и пеленгации.

4. Метод сравнения:

Сравнение разработанного пеленгатора с другими существующими системами пеленгации, чтобы оценить его преимущества и недостатки. Это может быть сделано через тестирование существующих решений и их сопоставление с результатами, полученными на макете SDR-пеленгатора.

5. Метод обработки данных:

Использование различных алгоритмов обработки сигналов для анализа и улучшения точности пеленгации. Этот метод может включать фильтрацию сигналов, анализ интерференции, применение методов цифровой обработки сигналов для улучшения качества работы пеленгатора.

Каждый из этих методов исследования направлен на улучшение характеристик и производительности пеленгатора, а также на обоснование выбора SDR-технологии для решения задач пеленгации.

В настоящее время технология SDR используется для приема и обработки аналоговых и цифровых радиосигналов с различными видами модуляции, решения задач спектрального анализа, поиска ИРИ и отслеживания местоположения объектов. Главным достоинством данной технологии является возможность интеграции с различными операционными системами, АПС, программными средами и другими современными технологиями [7].

Анализ современных технологий построения систем обработки радиосигналов показал, что одной из таких является технология SDR, на которой возможна реализация функционально-блочного и многофункционального принципов при разработке средств пеленгования и ОМП ИРИ.

В рамках изучения возможности построения средств пеленгования и ОМП ИРИ на основе технологии SDR, разработан макет фазового пеленгатора (рисунок № 1). Структурно макет состоит из следующих элементов (рисунок № 2): антенно-мачтовая система (далее АМС), приемно-измерительная система (далее ПИС) и автоматизированное рабочее место управления и обработки (далее АРМУО). Антенно-мачтовая система состоит из опорно-мачтового устройства, трехэлементной антенной системы (далее ТЭАС) и радиоприемного устройства сигналов спутников глобального позиционирования «GPS/ГЛОНАССмодуль».

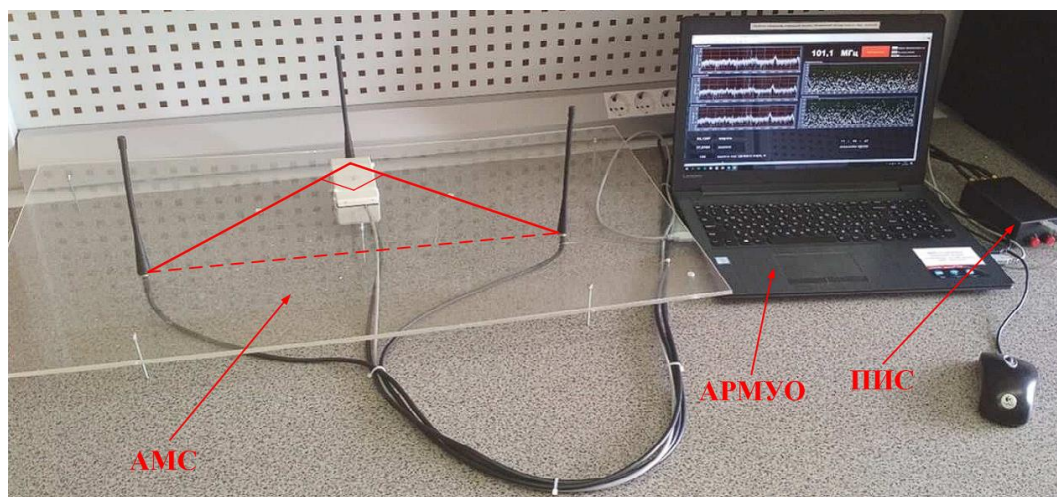


Рисунок 1. Макет фазового пеленгатора на базе SDR-технологии

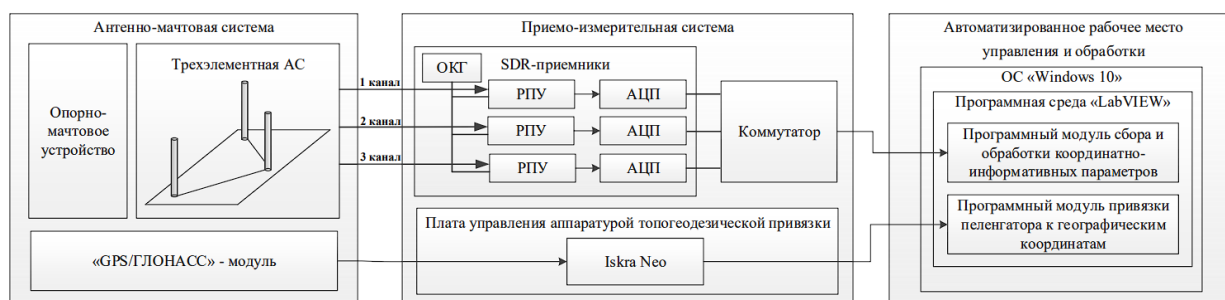


Рисунок 2. Структурная схема фазового пеленгатора на базе SDR-технологии

В макете фазового пеленгатора для определения направления на ИРИ используется трехэлементная АС, которая позволяет однозначно определить направление на ИРИ путем вычисления разностей фаз на пеленгационных парах (ПП) «Север-Юг» и «Запад-Восток». ПП «Север-Юг» образуется опорным (формула № 1) и северным антенными элементами, а ПП «Запад-Восток» опорным и восточным (формула № 2) (рисунок № 3).

Если антенные элементы расположены на плоскости в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника с длиной катетов B , то выражения для расчета азимута и угла места трехэлементного интерферометра примут следующий вид:

$$\Theta = \frac{\pi}{2} - \arctg\left(\frac{\Delta\varphi_{1,2}}{\Delta\varphi_{1,3}}\right); \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{\sqrt{\Delta\varphi_{1,2}^2 + \Delta\varphi_{1,3}^2}}{2\pi B/\lambda}\right). \quad (2)$$

Приемно-измерительная система состоит из трёх когерентных SDR-приемников, которые выполняют роль тракта пеленгования, коммутатора приемных каналов на базе USB-концентратора и платы обработки навигационных данных, полученных со спутников систем навигации GPS, ГЛОНАСС и GALILEO на базе АПС «Iskra Neo». Когерентность каналов приема в блоке приемно-измерительной системы достигается за счет подключения опорного кварцевого генератора с номинальной частотой 28,8 МГц ко всем трем каналам, кроме того, объединение выходов приемников осуществлено в общую шину при помощи USB-концентратора.

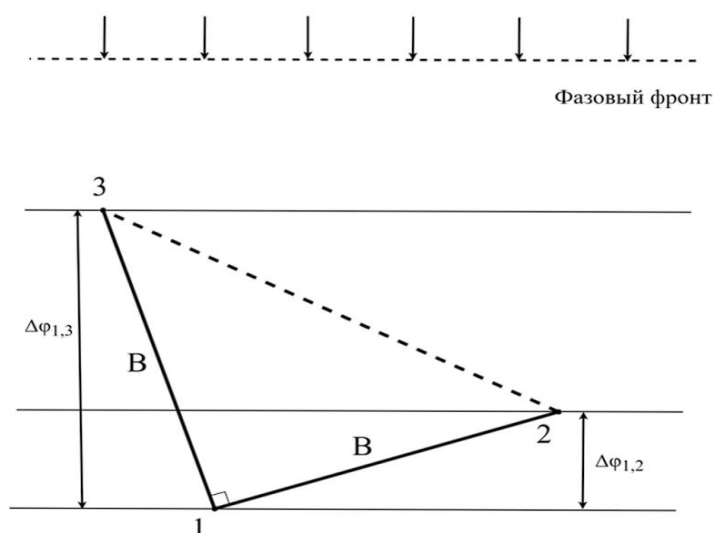


Рисунок 3. Трехэлементная антенная система фазового интерферометра

На автоматизированном рабочем месте управления и обработки, при помощи СПО, выполненном в программной среде «LabVIEW», осуществляется сбор и обработка координатно-информативных параметров, управление платой обработки навигационных данных и их вывод на лицевую панель СПО. Разработанный макет является малогабаритным устройством, реализованным на основе синтеза технологии двойного назначения SDR в программной среде с открытым кодом. Модульный принцип исполнения макета и применение широкополосного радиоприемного устройства с возможностью использования сменных антенных модулей открывает пути реализации разработанного пеленгатора на малогабаритных роботизированных платформах. Взаимодействие между элементами макета реализовано в СПО при помощи отдельно устанавливаемых специализированных библиотек. Библиотека «Arduino» позволяет осуществить подключение и инициализацию управляющей платы, а также управлять с ее помощью радиоприемным устройством сигналов спутников глобального позиционирования «GPS/ГЛОНАСС-модуль». Библиотека «RTLSDR» реализует инициализацию и подключение SDR-приемника, а также позволяет регулировать усиление входного сигнала, устанавливать центральную частоту, полосу отображаемого амплитудного спектра, вид модуляции и количество отсчетов, формируемых на выходе аналого-цифрового

преобразователя. Для обеспечения возможности модернизации алгоритмов пеленгования с последующей оценкой эффективности разработанных научных решений разработан алгоритм функционирования макета фазового пеленгатора на основе SDR (рисунок № 4). Суть данного алгоритма заключается в автоматическом расчете разностей фаз между антенными элементами и расчете азимута и угла места на ИРИ с учетом исходных данных, вводимых оператором (рисунок № 5). Применение SDR-технологии в средствах пеленгования и ОМП ИРИ позволяет создать универсальные АПС из ограниченного состава устройств для выполнения максимально возможного объема задач, а также ввиду своих достоинств и возможностей, технология позволяет достичь функционально-блочного и модульного принципов построения средств РМ.

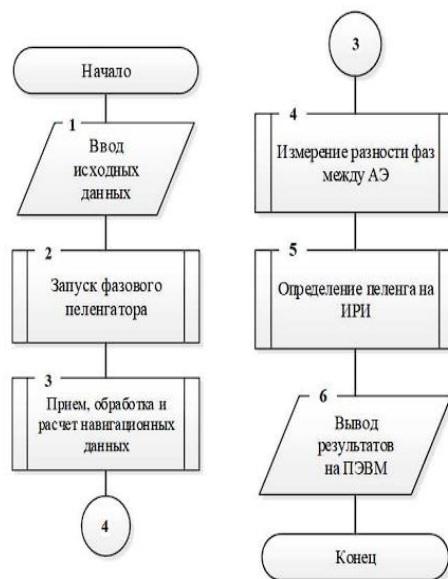


Рисунок 4. Структурная схема алгоритма функционирования макета фазового пеленгатора на основе SDR

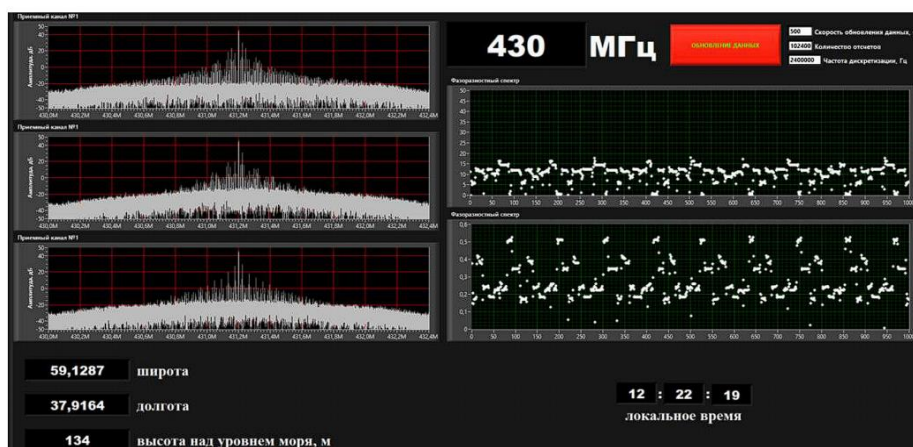


Рисунок 5. Интерфейс специального программного обеспечения на базе программной среды «LabVIEW»

Результаты и обсуждения

Проведенной работы является работоспособный макет фазового пеленгатора построенный на основе SDR-приемников, алгоритм функционирования данного макета и СПО. Разработанный макет может быть использован для построения малогабаритных средств пеленгования и ОМП ИРИ как на наземных средствах, так и на борту БЛА.

Возможно исполнение разработанного пеленгатора и на отечественных сервисных и элементных базах.

Заключение

В ходе разработки макета пеленгатора на основе SDR-технологии был проведен всесторонний анализ возможностей и преимуществ использования программно-определяемых радиосистем для задач радиопеленгации. Использование SDR позволяет значительно повысить гибкость и масштабируемость устройства, а также позволяет легко адаптировать пеленгатор под различные частотные диапазоны и условия эксплуатации.

Разработанный макет продемонстрировал высокую эффективность в задаче определения направления источника радиосигнала, обеспечив надежность и точность работы при различных условиях. Благодаря универсальности программного обеспечения, SDR-система позволяет быстро внедрять новые алгоритмы обработки сигнала, что открывает широкие перспективы для дальнейшего совершенствования пеленгаторов на основе данной технологии.

Таким образом, макет пеленгатора на базе SDR-технологий показал свою состоятельность как перспективное решение для задач радиопеленгации, открывая новые горизонты для разработки более точных и адаптивных систем в области радиосвязи и навигации. Пеленгаторы, включая их макеты и прототипы, находят широкое применение в военных, гражданских и научных целях во всем мире. Их дальнейшее использование связано с радиоразведкой, навигацией, поисково-спасательными операциями и исследованиями радиочастотного спектра.

Список использованных источников

1. Рембовский А.М. Комплексное решение задач автоматизированного радиомониторинга ограниченным составом средств // ИНФОРМОСТ. Средства связи. 2003. №5 (29).
2. Богдановский С.В., Симонов А.Н., Теслевич С.Ф. Поляризационный метод пеленгования источников радиоизлучений в пространстве // Наукоемкие технологии. 2016. Т.17. №12. С. 40-43.
3. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / под ред. А.М. Рембовского. М: Горячая линия – Телеком, 2012. 640 с.
4. Беляков А.Л., Гладких А.В. Источники питания аппаратуры радиоконтроля // Специальная техника. 2002. №3. [Электронный ресурс] URL: <http://www.bnti.ru/showart.asp?aid=603&lvl=04.01.01> (дата обращения: 10.02.2020).
5. Богдановский С.В. Применение пространственно-поляризационной обработки радиосигналов при пеленговании источников радиоизлучений с беспилотного летательного аппарата // 71-я Всероссийская научно-техническая конференция, посвященная Дню радио. Труды конференции. 2016. С. 86-87.
6. Антипов Н.С., Богдановский С.В., Черепаша И.Н., Теслевич С.Ф. Способ первичной обработки пеленговой информации на борту беспилотного летательного аппарата // Научная мысль. 2019. Т.7. №1 (31). С. 49-54.
7. Антипов Н.С., Богдановский С.В., Шеко А.В., Маренков И.А. Амплитудный пеленгатор на базе SDR-технологии // Научная мысль. 2019. Т.7. №1 (31). С. 45- 496.

ӘСКЕРИ ТАРИХ

УДК 355

Б.Б. Садақов, К.К.Алмагамбетов

²Военный институт Сил воздушной обороны имени Т. Я. Бегельдинова
Республика Казахстан, город Актөбе

bat-sad@mail.ru

БАУЫРЖАН МОМЫШУЛЫ И ЕГО ВОЕННОЕ ИСКУССТВО

Андатпа: 1941 жылғы Мәскеу түбіндегі жеңістің негізгі тактикалық сыры Момышұлының спиралі: «Өлімге асықпа, күресуді үйрен». Ал, енді Бауыржан Момышұлы ойлап тапқан ерекше тактикалық әдісті еске түсіретін кез келді. Әскери сарапшылар кейінірек «Момышұлы спиралі» деп атайтын әдіс. Бейнелеп айтқанда «Спираль» жаудың сан жағынан басым болған кезде қысылып, ашылды. Ал, нақтырақ айтсақ, Бауыржан Момышұлы белгілі бір жағдайларда жеңіске жету үшін кез келген арнайы тағайындалған бөлімше қорғаныс шебінің окоптарында өліп қалмай, жауды күтпеген жерден талқандағаны абзал деп есептеді, қанаттарға, тылға шығып, оған қысқа мерзімді шайқастарды жүктейді, содан кейін шегінеді. Мұндай қозғалыстар спиральға ұқсайды және бұл фашистерді ашуландырады. Ал, әскери тарихшылар айтқандай, «Момышұлы спиралі» деп аталатын тактика әлі де қоршаудан қашу кезіндегі ұрыс қимылдарының үлгісі ретінде әлемнің көптеген армияларының әскери оқу орындарында зерттелуде. Бауыржан Момышұлы әскери өнері Артымызда Мәскеу кітабында жақсы суреттелген. «Момышұлы спиралі» деп аталып кеткен тактиканың мәні мынада: жаудың саны басым болған жағдайда қорғаныс шебін құрмай, жаудың қозғалатын колоннасына алдын ала соққы беру, қысқа мерзімде шайқасып, содан кейін шетке жылжиді. Біраз уақыттан кейін жау әскерлері жауынгерлік күшін жоғалтқанда, жеңісті нәтиже әкелетін тағы бір соққы беріледі. Бұл тактиканың артықшылықтары: Біріншіден, шабуылдаушылар арасында мүлдем аз немесе мүлдем адам күші мен материалдық техникалық жағынан айтарлықтай шығынға ұшырамайды, ал жау адам күшінен айтарлықтай шығынға ұшырайды. Екіншіден, осылайша жаудың танкі немесе өздігінен жүретін зеңбірек сияқты айбатты техникасын артиллериясыз да, оларға граната лақтыру немесе минамен жару арқылы жоюға болатын. Үшіншіден, жау шабуылды жоюға тырысып, қымбат уақытын жоғалтты. Төртіншіден, жау колонналары жолда миналанған учаскелердің пайда болуынан қорқып, одан әрімұқият және баяу қозғалды, бұл батальонның негізгі күштерімен байланысқа дейінгі уақытты ұлғайтты, ал кеңес жауынгерлеріне қорғауды ұйымдастыру үшін көбірек уақыт болды. Бесіншіден, мұндай тұтқиыл шабуылдар кеңестік топтың оқына түскендердің ғана емес, кейін олардың артынан айдап бара жатқан, өртеніп кеткен көліктерді, жол жиегінде қаза тапқан жауынгерлерді көрген жау жауынгерлерінің рухын түсірді.

Негізгі сөздер: Тактика, ұлттық салт-дәстүр, қолбасшы, қоршау, ерлік.

Summary: In the middle of the last century, during the Second World War, which the people of the USSR called the “Great Patriotic War,” Kazakh soldiers showed an example of courage. This war clearly proved that the Kazakhs are capable of mastering courage and heroism, the art and technology of war. One of them is unique, this is Bauyrzhan Momyshuly, who survived this terrible war from beginning to end, shedding blood and sweat, among fire and bullets, going from battalion commander to division commander, after the war he graduated from the Higher Military Academy under the General Staff of the Soviet Army and taught at military academy. Bauyrzhan Momyshuly and his battalion slowed down the pace of the German army’s advance towards Moscow and inflicted heavy losses on it. In addition, he united the fighters, surrounded on all sides, and brought them to the front line. This ingenuity of Bauyrzhan became a mass

experience during the war as the tactical doctrine “Fighting in encirclement”, “Escape from encirclement”. Momyshuly was a strong commander who knew how to organize various tactics in bloody battles. One of the tactical and maneuver techniques characteristic of Bauyrzhan Momyshuly’s military command skills is the destruction of the enemy by encirclement. For example, in a battle near Moscow, he divided the regiment under his command into six groups, attacked and captured them all, and destroyed the enemy. In one battle, 120 of his warriors will destroy a fascist army of 600 people. Another strategy used by the heroic commander in the war was to abandon the battle village, retreat, ambush again, recapture it, and drive the enemy out. For example, this technique was used in the battle for the village of Matrenino near Moscow in 1941. He raised war to the level of art, using various methods and techniques in the war against the Nazi aggressors. Bauyrzhan mastered the martial art of his ancestors and was able to use it in new and skillful ways in mechanized warfare. According to him, “there are no national traditions that prevent war, there are national traditions that help fight again...” Momyshuly’s proposals were included in the Infantry and Combat Regulations adopted in 1946.

Keywords: Tactics, national traditions, commander, environment, courage, heroism.

Аннотация: В середине прошлого века, во время Второй мировой войны, которую народ СССР называл «Великой Отечественной войной», казахские воины проявили пример храбрости. Эта война наглядно доказала, что казахи способны овладеть храбростью и героизмом, искусством и техникой войны. Один из них уникален, это Бауыржан Момышулы переживший эту страшную войну от начала до конца, проливший кровь и пот, среди огня и пуль, прошедший путь от командира батальона до командира дивизии, после войны окончивший Высшее военное академия при Генеральном штабе Советской Армии и преподавал в военной академии. Бауыржан Момышулы со своим батальоном замедлили темп продвижения немецкой армии к Москве и нанесли ей большие потери. Кроме того, он объединил бойцов, окруженных со всех сторон, и вывел их на передовую. Эта изобретательность Бауыржана стала массовым опытом во время войны как тактическая доктрина «Борьба в окружении», «Выход из окружения». Момышулы был сильным полководцем, умевшим организовать различную тактику в кровопролитных боях. Одним из тактико-маневренных приемов, характерных для военно-командного мастерства Бауыржана Момышулы, является уничтожение противника путем окружения. Например, в бою под Москвой он разделил находившийся под его командованием полк на шесть групп, атаковал и захватил их все, а противника уничтожил. В одном бою 120 его воинов уничтожат фашистскую армию численностью 600 человек. Другая стратегия, использованная героическим полководцем на войне, заключалась в том, чтобы покинуть боевой поселок, отступить, снова атаковать из засады, отбить его, вытеснить врага. Например, этот прием использовался в бою за подмосковное село Матренино в 1941 году. Он поднял войну на уровень искусства, используя в войне против немецко-фашистских агрессоров различные методы и приемы. Бауыржан овладел военным искусством своих предков и смог по-новому и умело использовать его в механизированной войне. По его словам, «нет национальных традиций, которые предотвращают войну, есть национальные традиции, которые помогают снова воевать...». Предложения Момышулы были включены в Устав пехоты и боя, принятый в 1946 году.

Ключевые слова: Тактика, национальные традиций, полководец, окружение, мужество, героизм.

Введение

Целью научной статьи является выявление и изучение особенностей военного искусства Бауыржана Момышулы. Какова была тактика Бауыржана который 207 раз сражался с врагом, 5 раз был окружен противником и дважды остался в живых? Военное искусство Бауыржана Момышулы хорошо описано в произведениях Момышулы «За нами

Москва». Тактика Бауыржана Момышулы напрямую связана с тем, что Бауыржан Момышулы прорвал блокаду и вёл войну отходя от сил, обладающих превосходящей военной мощью. При этом батальон не бежал сломя голову, отступая к опушке, используя леса и холмы для осуществления засадных атак на колонны противника. Бауыржан Момышулы при такой тактике выполняет задачу с излишком с небольшими потерями.

Способ ведения боя Бауыржана Момышулы при отступлении беспрецедентен в то время, но для казахов тактика не является чем-то необычным. Если обратиться к истории, то Кенесары тоже воевал тактикой Бауыржана Момышулы.

Кто выиграет войну оружие или человек? Здесь возникает только один вопрос. Знали ли Бауыржан Момышулы чудесное военное искусство наших предков с самого начала, или сведения о древней тактике ожили в его крови и пробудились стихийно во время войны?

О том что Бауыржан Момышулы хорошо знал историю своих славных предков, свидетельствует его военная тактика в годы войны.

Тактика Бауыржана Момышулы – это метод войны, приближающий победу, рожденный опытом и мастерством на поле боя. При обороне Москвы тактика Бауыржана Момышулы была реализована беспрецедентным образом. Это был новый, удивительный шаг, который дополнил военную теорию практикой [1].

Метод исследования

В указанной статье для исследования были использованы такие методы: анализ и обобщение литературы, публикации в периодических изданиях, посвященных событиям в Великой отечественной войне, изучение архивных документов, поиск и выделение наиболее ценного материала из первоисточника. Цель данного исследования – сделать обзор военной тактики разработанных Бауыржаном Момышулы. Изучая военно-теоретическое наследие Бауыржана Момышулы можно выделить основные направления исследований: стратегия, оперативное искусство, мобилизационная подготовка, общевойсковая тактика, боевая готовность, боевая подготовка, работа командира по организации боя, воспитание личного состава, работа с командными кадрами. Большое внимание он уделял взаимодействию родов войск, сущность которого заключался в восполнении недостатка одного рода войск достоинством другого рода войск [3].

Большое значение в оперативном искусстве Бауыржан Момышулы придавал выходу из окружения. Бауыржан Момышулы выделялся своим военным мастерством на поле боя и показал великолепный пример храбрости. Было много героев, показавших положение и место казахского народа в Великой отечественной войне 1941-1945 годов, но без Бауыржана Момышулы представить его невозможно.

Результаты и обсуждения

С течением времени количество людей, рассказывающих о жизни и военном деле Бауыржана Момышулы, уменьшается. Возможно использование спутниковых и космических технологий для совершенствования систем вооружения, связи и управления войсками, наблюдения и слежения за противником, в локальных конфликтах на поле боя могут применяться отдельные спутниковые системы, но неизменным остается главное – человек, его моральные позиции, патриотизм, боевой дух, дисциплина, способности и возможности, подготовка, а также сами законы ведения всех войн – стратегия и тактика, берущее начало из тяжелого камня и примитивной булавы. Поэтому каждый солдат или офицер, обязан изучать воинское наследие Бауыржана Момышулы.

Главный тактический секрет победы под Москвой в 1941. Спираль Момышулы: «Не торопись умирать, учись воевать» [2].

И вот тут-то самое время вспомнить необычный тактический приём, придуманный талантливым командиром старшим лейтенантом Бауыржаном Момышулы. Приём, который позже военные аналитики назовут «спиралью Момышулы». О чём, собственно,

речь? Образно говоря «Спираль» сжималась и разжималась в смертельном броске, когда враг имел численное превосходство. А если конкретно - Бауыржан Момышулы полагал, что в определённых ситуациях для достижения победы какому-либо специально выделенному подразделению более целесообразно не стоять насмерть в окопах оборонительной линии, а изматывать противника неожиданными выходами во фланги, в тыл, наносить жालящие удары по его движущимся колоннам, тылам, навязывать ему краткосрочный бой, а затем уходить в сторону. Такие перемещения напоминали спираль, а фашистов это просто бесило! И, как рассказывают военные историки, так называемую «спираль Момышулы» до сих пор изучают в военно-учебных заведениях многих армий мира, как образец боевых действий при выходе из окружения [4].

В ожесточенном бою, когда силы противника пробладают, в тупиковой ситуации после пути и оптимизации подхода – ответственный час для командира. Из архивных документов о боях 316-й стрелковой дивизий, видно, что батальон Бауыржана Момышулы часто выполнял боевые задачи в качестве арьергардного соединения. В каждом бою батальон смог яростно бороться с превосходящими силами противника, выполнять свою задачу и сохранить боеспособность.

Бауыржан Момышулы был одним из первых, кто применил и развил в практике войны теорию боя с прорывом линии противника. Военное искусство, тактика ведения войны, умение руководить войсками, новаторство в тактике и военной стратегии, военное мышление приобрели превосходство и приоритет у знаменитого полководца.

Военная тактика Бауыржана Момышулы изучалась на мировом уровне и сохранилась в документах Советского правительства даже в те годы. Многих удивил метод, использованный Бауыржаном Момышулы в битве под Москвой [5].

Тактика под Волоколамском. Когда 316-я стрелковая дивизия прибыла под Москву, ей дали линию обороны, защищать Волоколамск. Дальше Москва. Батальону Бауыржана Момышулы было выделено 8 км линии обороны (вместо 2 км). Начали строить линию обороны. Пока строили линию обороны, появились солдаты выходившие из окружения, голодные, ни одежды, ни оружия, 15 суток как бегут от немцев. Бауыржан Момышулы: «они не просто так пришли, они принесли с собой страх». Их история такова, что нет силы способной уничтожить немца. После этого смотрю дух бойцов моего батальона исчез, они так не смогут воевать с немцами.

Бауыржан Момышулы придумал следующую тактику: почему мы должны ждать немцев, надо пойти и победить немца. Из каждой роты собирает отряд (100 человек). Назначает командиром этого отряда своего начальника штаба лейтенанта Хабиболла Рахимова и отправляет на разведку. Только через 20 км. появляются немцы, у деревни Среда. 18 октября 1941 года в ночное время, 100 человек разделяется на три группы и с трех сторон атакуют деревню Среда. 300 немецких солдат уничтожены, остальные бежали. Взяв продукты, оружие отряд возвращается к своим, при этом потери: 1 погиб, 6 ранены.

Утром, писал комбат, я не узнал своих солдат, вчера они говорили что идут в последний бой, а теперь были в приподнятом настроении и рассказывали остальному личному составу батальона как немцы бежали [2].

Тактика при обороне станции Матренино. В октябре 1941 года батальон Бауыржана Момышулы получил задачу оборонять станцию Матренино и несколько деревень. Станцию обороняет рота (120 человек) лейтенанта Е.Филимонова. 18 октября 1941 года начинается немецкое наступление. Самолеты бомбят, арт.подготовка, земля замерзла, окоп выкопать не сможешь. Люди лежать на снегу. Так может вся рота погибнуть.

Бауыржан Момышулы придумал следующую тактику: «Вставай и беги, паникуй. После пересечения железной дороги находится лощина, там и спрячься». Е.Филимонов выполняет приказ комбата, немцы все это видят и прекратили арт.подготовку. Немцы без сопротивления завладели станцией. Они тоже люди, разбрелись по станции в поисках продуктов. Они видели как убегала рота лейтенанта Филимонова, и поэтому даже охрану

забыли поставить. И снова, Бауыржан Момышулы делить роту лейтенанта Филимонова на три группы и через час атакует станцию. Страх действительно мощная сила. Немцы бежали, и здесь были уничтожены более 300 немецких солдат [5].

Окружения. Бауыржан Момышулы 5 раз был в окружении. В первый раз попал в окружение как раз у этой станции Матренино, 22 октября 1941 года. Дивизия воюет в другом месте. Батальону надо выходить из окружения и присоединится к дивизии. Увидели большое шоссе, по которому немецкие автомобили текут потоком по дороге. Шоссе ведет на Волокаламск. Немецкая техника, которая идет по дороге, должна была атаковать 316-ю дивизию. Необходимо перейти шоссе, что делать? Батальон атакует немецкие колонны из 8 (восьми) орудий. Тогда немцы подумали, что Красная армия сзади и поворачивает назад. В это время батальон Бауыржан Момышулы скрылся в лесу. Основные силы немцев, уже два дня непрерывно атакующие Волокаламск, останавливаются. Судьбу всей стрелковой дивизии решал один батальон. За что Бауыржана Момышулы представили к ордену Ленина? За этот подвиг. Однако наградной листок исчез. А командир 316-й стрелковой дивизии И.В. Панфилов был тяжело ранен и погиб 19 ноября 1941 года от подорвавшегося неподалеку фугаса. Он остановил врага на Волокаламском шоссе в течении 3 (трех) суток. Это позволило советскому командованию подтянуть к этому месту обороны дополнительные силы. После это он вывел батальон из окружения в боеспособном состоянии.

26-30 ноября 1941 года командир 19-го стрелкового полка капитан Бауыржан Момышулы вместе со своим полком 4 (четыре) дня сопротивлялся непрерывному нападению противника в районе села Соколово Московской области. Через несколько дней полку было приказано отступить и построить оборону на 38-м км, Ленинградской железной доорги, на восточной стороне деревни Крюково. У деревни Крюково противник не смог сделать ни шагу вперед. Благодаря умелому с тактической точки зрения развертыванию сил и быстрому маневрированию, противник оставался под ливнем пуль. Это особенный период в жизни Бауыржана Момышулы [5].

Бауыржан Момышулы и его солдаты пять раз прорывали окружение под Москвой, применяя невиданную в истории воин тактику, внедряя новое военное искусство. Судя по его действиям в это время, его можно оценить как сильного стратега и психолога с глубоким пониманием человеческой души.

5 декабря 1941 года Красная армия начала наступление под Москвой. Бауыржан Момышулы был ранен в позвоночник, несмотря на ранение, он не покинул поле боя. Подробнее о том, как произошла это печальная ситуация, написана в книге «Правда и легенда». Несмотря на то, что врачи решили немедленно отвезти его в больницу, Бауыржан Момышулы угрожает им пистолетом и приказывает немедленно вынуть пулю. После того как рана перевязана, он возвращается на поле боя.

После этого в 1944 году, Бауыржан Момышулы упал на торчащий из земли кусок металла. Некоторое время он не мог лежать на спине и не мог сидеть на лошади. До марта этого года он находился в госпитале и окончил курсы повышения квалификации офицеров в Военной академии Генерального штаба.

Бауыржан Момышулы – жертва шовинистической системы. Вот и все. Почему он не получил звание генерала, будучи командиром дивизии? Должность командира дивизии в генеральском звании. Здесь была хитрость. В его приказе написано исполняющий обязанности командира дивизии, а не командир дивизии. Так какой же ранг у человека выполняющего обязанности? Шовинизм - это очень плохо.

Из воспоминаний Кунаева Д.А.:

- я шел с командующим САВО генерал-полковником Лященко по коридору ЦК, перед нами вышел Бауыржан Момышулы. Он остановил нас обоих тростью и сказал,

- Эй Димаш ты знаешь?

- с этим мы вместе учились в академии (показывает тростью).

- он учился на «тройки», а я учился на «пятерки», он генерал-полковник, а я полковник, повернулся и ушел.

Когда сын Бауыржана Момышулы, Бакытжан спросил у Кунаев, что означает его поведение, он ответил: Бауыржан хотел сказать, что если бы он был не Момышулы, а Момышленко, то стал бы генерал-полковником. Далее он рассказал о признаках несправедливости, причиненной всем малым народам.

Еще одна история. Бауыржану Момышулы присвоили звание Героя Советского Союза в 1990 году. Сейчас кое-где написано Герой Советского Союза, Народный герой Казахстана. Звание Халық Қаһарманы Бауыржану Момышулы не было присвоено.

У него нет такого звания. Его так прозвал народ. Это звание дается указом Президента РК. Были люди, которые посоветовали написать письмо Президенту РК. Я отвечал: не буду писать, если мой дедушка Бауыржану Момышулы был бы жив и узнал, что я написал такое письмо, он свернул бы мне шею... Бауыржан Момышулы не любил такого. Если посчитают нужным дать, значит дадут, если не надо, то не дадут.

Награды Бауыржана Момышулы:

- 6.06.1942 года награжден орденом «Красного Знамени»;
- 6.06.1944 года награжден медалью «За оборону Москвы»;
- 6.07.1945 года награжден орденом «Отечественной войны 1-й степени»;
- 6.05.1946 года награжден медалью «За боевые заслуги»;
- 20.04.1953 года награжден орденом «Красной Звезды»;
- 30.12.1956 года награжден орденом «Красного Знамени»;
- 03.01.1959 года награжден орденом «Знак почета»;
- 15.01.1971 года награжден орденом «Трудового Красного Знамени»;
- 23.12.1980 года награжден орденом «Дружбы народов»;
- 11.12.1990 года награжден орденом «Ленина»;
- 11.12.1990 года присвоено звание Героя Советского Союза (медаль №11637);
- В 2000 году его признали «Человеком века».

В качестве результатов исследования были проанализированы сведения и особенности военной тактики Бауыржана Момышулы, дана научная оценка его исторической личности.

Заключение

Бауыржан Момышулы – герой, а герои не заканчивают свою жизнь смертью, они продолжают жить в душах людей. Бауыржан Момышулы – талантливый полководец, за короткое время освоивший законы и принципы общевойскового боя. После войны слова и военная тактика Бауыржана Момышулы стали нашим ценным сокровищем. Мы никогда не должны забывать, что военная тактика, его заповеди и пословицы очень ценны даже в мирное время. Бауыржан Момышулы казахский герой, ставший при жизни легендой, останется символом героизма и мужества. Героизм Бауыржана Момышулы – урок для поколений.

Список использованных источников

1. Момышулы Б. За нами Москва. Записки офицера. - № 1.с.3-45, № 2. с.7-37
2. Бек А. Волоколамское шоссе. - М., Воениздат. 1965.
3. 111 лет Бауыржану Момышулы. [Электронный ресурс]. URL: <https://ia-centr.ru/publications/110-let-bauyrzhanu-momyshuly-redkie-arkhivnye-foto-komandira-dikoy-divizii/> (дата обращения: 12.12.2022).
4. Гостик В.В. Бауыржан Момышулы самая яркая личность XX века [Электронный ресурс]. URL: https://kopilkaurokov.ru/istoriya/prochee/bauyrzhan_momyshuly_samaia_iarkaia_lichnost_xx_vieka/ (дата обращения: 12.12.2022).

5. Серикбаев К.С. Его след в военном искусстве [Электронный ресурс]. URL: <https://sarbaz.kz/history/ego-sled-v-voennom-iskusstve-203082232/> (дата обращения: 12.12.2022).

Әуе қорғанысы күштері Әскери институтының
ХАБАРШЫСЫ
Ғылыми журналы

Редакцияның мекен жайы: Ақтөбе қаласы, Астана ауданы,
Ә.Молдағұлова даңғылы, 39
Жұмыс тел: 8(7132) 972221, ішкі тел: 61194.
e-mail: samgau2020@bk.ru

Басуға қол қойылған күні **2025 ж.08.01.**
Пішімі 60x84 $\frac{1}{16}$ Көлемі 6,38 баспа табағы
Таралымы 300 дана

ӘҚК Әскери институт баспаханасында
Дайын оригинал-макеттен басылған
Ақтөбе қаласы, Ә.Молдағұлова даңғылы, 39