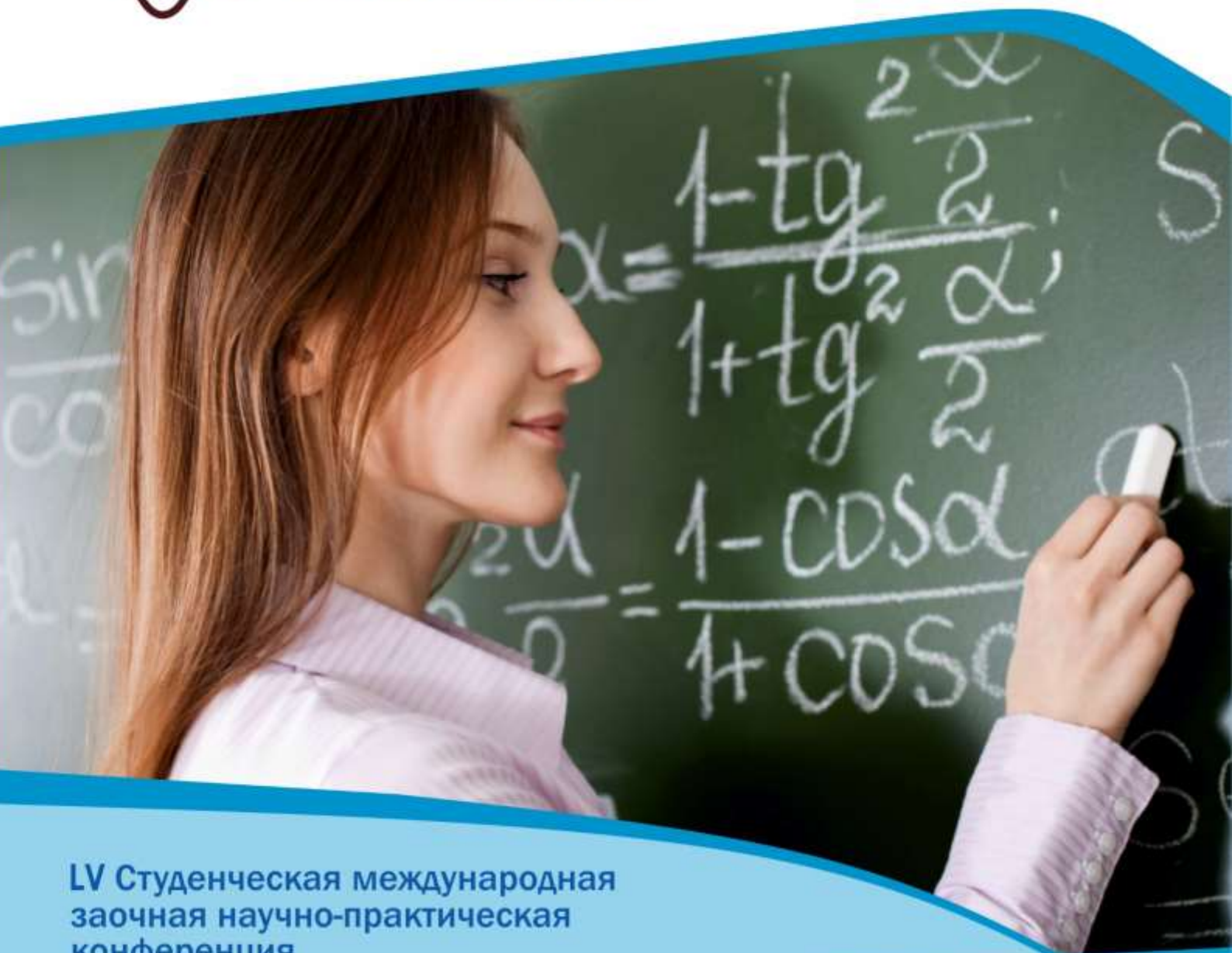




**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



LV Студенческая международная  
заочная научно-практическая  
конференция

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ  
№10(55)**

г. МОСКВА, 2022



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

*Электронный сборник статей по материалам LV студенческой  
международной научно-практической конференции*

№ 10 (55)  
Ноябрь 2022 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2022

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
Т38

Председатель редколлегии:

*Лебедева Надежда Анатольевна* – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

*Волков Владимир Петрович* – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Елисеев Дмитрий Викторович* – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

*Захаров Роман Иванович* – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последиplomного образования (РМАПО) г. Москва;

*Зеленская Татьяна Евгеньевна* – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

*Карпенко Татьяна Михайловна* – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

*Костылева Светлана Юрьевна* – кандидат экономических наук, кандидат филологических наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

*Попова Наталья Николаевна* – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

**Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум.** Электронный сборник статей по материалам LV студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2022. – № 10 (55) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/10\(55\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/10(55).pdf)

Электронный сборник статей LV студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

## Оглавление

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ПОДХОДА ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ Антипова Дарья Олеговна	4
ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГС С МГРП Попов Олег Владимирович Сохошко Сергей Константинович	8
ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ FMS Удовиченко Владислав Михайлович Погорелов Алексей Владимирович	15

# СЕКЦИЯ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ПОДХОДА ЦИФРОВИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

*Антипова Дарья Олеговна*

*магистрант,*

*Тольяттинский Государственный Университет,*

*РФ, г. Самара*

Цифровизация в промышленной безопасности – достаточно актуальная, современная в прогрессирующем мире тема, означающая наступление новой эпохи индустриализации [2, с. 72]. Она помогает обеспечивать предприятиям эффективную работу в области контроля производственного процесса, упрощает систему обнаружения потенциальных опасностей и возможность их быстрого устранения, а также создает единую систему обеспечения жизнедеятельности и безопасности предприятия. В основу внедрения новых технологий лежит стремление к комплексной оптимизации промышленной безопасности и созданию условий для успешной работы предприятия в целом.

В настоящее время остро стоит вопрос о проведении оптимизации в области промышленной безопасности на промышленных предприятиях занимающихся транспортировкой нефтепродуктов, так как есть проблема в обнаружении нарушений технологического состояния трубопроводов и другой инфраструктуры, а также скорости их локализации и ликвидации. В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. № 2415 «О проведении эксперимента по внедрению системы дистанционного контроля промышленной безопасности» Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору организует проведение эксперимента по внедрению системы дистанционного контроля промышленной безопасности.

В ходе опытной эксплуатации одновременно будет отработано взаимодействие с Ростехнадзором по этому направлению.

В настоящий момент «Транснефть-Балтика» эксплуатирует 3,4 тыс. Магистральных нефтепроводов, что позволило стать подходящей платформой для пилотного проекта благодаря своей деятельности: транспорт нефти, светлых и темных нефтепродуктов [5, с. 284].

АСДКПБ – это программный комплекс отечественной разработки, способный анализировать техническое состояние объектов, обрабатывать информацию с установленных датчиков контроля и сенсоров, рассчитывать комплексные показатели их промышленной безопасности, и прогнозировать внештатные ситуации. Грубо говоря, система позволяет оперативно получать информацию о возможных отклонениях в работе объектов и в режиме реального времени передавать ее в Ростехнадзор. В эксплуатации представляется как большая таблица с различными ячейками, каждая из которых соответствует отдельному технологическому участку. Все сведено к базовым понятиям: зеленый цвет – перекачка нефти происходит в штатном режиме, желтый – значит, возникает риск, красный – превышен допустимый риск уровня показателя безопасности.

Одним из главных плюсов, несомненно, можно считать то, что как только что-то происходит, например, с нефтепроводом, поломка, утечка, повышение давления или другая внештатная ситуация, система позволяет мгновенного определить и передать информацию диспетчерам. Специалисты экономят время, и не тратят его на выяснение причин и локализации места аварии, а сразу занимаются предотвращением аварийной ситуации.

Следующим плюсом данной системы можно считать: АСДКПБ позволит незамедлительно передавать информацию в ситуационно-аналитический центр Ростехнадзора (САЦ СДК ПБ). Задача передачи информации упрощается и контролирующие органы могут освободить объекты от плановых проверок, и специалисты предприятия фокусируются на главном – обеспечить высокий уровень промышленной безопасности транспорта нефти, и как можно быстрее локализовать и ликвидировать внештатную ситуацию.

Подробный анализ системы доступен только сотрудникам предприятия, можно лишь поверхностно рассудить о минусах. В первую очередь следует сказать, о дорогостоящем оборудовании, что приводит к дополнительным расходам на обслуживание программного обеспечения, обучение персонала и обеспечения допуска к работе с ПЭВМ.

Сами датчики, контрольно-измерительные приборы, которые могут допускать погрешность, выходить из строя, и показывать ошибочные значения. При этом счетчики с дистанционным управлением зависимы от связи (интернета, радиомодуля и т.д.).

В целом, система контролирует только отклонение технических параметров, но это не является всеми требованиями промышленной безопасности, которые выдвигает Ростехнадзор. То есть, он не освобождает от контроля за аттестацией персонала, ведением журналов, экспертиз, а лишь снижает возможность проверок Ростехнадзора. Если выстраивать СДК только в направлении мониторинга показателей, то число проверок не удастся снизить.

На данный момент Российский союз промышленников и предпринимателей, категорически против развития системы дистанционного контроля, эксперимент считается не успешным. Тем не менее это большой шаг в области цифровизации промышленной безопасности, нововведение, которые все же упрощает и помогает оптимизировать производственный процесс и вывести его на новый уровень.

### **Список литературы:**

1. Акимочкин И. В. Перспективы развития транспортировки нефти и газа // Территория Нефтегаз. 2012. №10. С. 30-34. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-transportirovki-nefti-i-gaza> (дата обращения : 11.09.2022).
2. Киселева Е. В. Развитие дистанционного труда в России: преимущества и недостатки // Известия АлГТУ. Юридические науки. 2018. №6. С. 162-166. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-distantsionnogo-truda-v-rossii-preimuschestva-i-nedostatki> (дата обращения: 09.10.2022).

3. Кузнецова Е. С. Цифровая трансформация охраны труда. Наше видение перевода всей сферы охраны труда в цифровую плоскость // ECOStandart.Journal. 2021. С. 80-86. URL: <https://journal.ecostandardgroup.ru/ot/tech/tsifrovaya-transformatsiya-okhrany-truda/> (дата обращения: 03.11.2022).
4. Тен Э.В., Скворцов А. А. Идентификация опасностей и аварий на опасных производственных объектах, где применяется магистральный трубопровод // International scientific review. 2016. №2. С. 20-25. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-opasnostey-i-avariy-na-opasnyh-proizvodstvennyh-obektah-gde-primenyaetsya-magistralnyy-truboprovod> (дата обращения: 05.10.2022).
5. Управление качеством подготовки и принятия решений в области обеспечения безопасности промышленных и транспортных объектов / Махутов Н.А., Шепитько Т.В., Балановский В.Л., Подъяконов В.М., Денисов В.В. // Управление качеством в образовании и промышленности. Сборник статей Всероссийской научно-технической конференции. Редколлегия: Белая М.Н. (отв. ред.). 2020. С. 284-292.



## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ГС С МГРП

**Попов Олег Владимирович**

студент,  
Тюменский индустриальный университет,  
РФ, г. Тюмень

**Сохошко Сергей Константинович**

научный руководитель,  
Тюменский индустриальный университет,  
РФ, г. Тюмень

**Аннотация.** Горизонтальные скважины показали высокую эффективность относительно ННС и рассматриваются как приоритетная технология разработки водонефтяных зон. В научной статье проведено обоснование параметров системы горизонтальных скважин с МГРП. В результате итерационных расчетов определены оптимальные параметры для систем ГС с МГРП. На сегодняшний день для тиражирования наиболее приемлемой является рядная система ГС с МГРП с нагнетательными ННС с ГРП.

**Abstract.** Horizontal wells have shown high efficiency relative to the NNS and are considered as a priority technology for the development of oil and water zones. The scientific article substantiates the parameters of the system of horizontal wells with MGRP. As a result of iterative calculations, optimal parameters for HS systems with MGRP were determined. To date, the most acceptable for replication is the in-line GS system with MGRP with injection NNS with hydraulic fracturing.

**Ключевые слова:** МГРП, ГРП, ННС, горизонтальные скважины, ГС, добыча нефти, Каменная площадь, залежь, пласт, месторождение.

**Keywords:** MGRP, hydraulic fracturing, NNS, horizontal wells, GS, oil production, Stone area, deposit, formation, deposit.

Основываясь на результатах опытных работ на объекте ВК<sub>1-3</sub> Каменного ЛУ и выводах работ на аналогичных отложениях (пласты ВК Ем-Еговского ЛУ, пласты группы АВ Самотлорского месторождения) можно сказать, что

горизонтальные скважины показали высокую эффективность относительно ННС и рассматриваются как приоритетная технология разработки водонефтяных зон. Для поиска оптимальных параметров системы разработки викуловской свиты рассмотрены семиточечная обращенная система наклонно-направленных скважин, рядная система ГС с МГРП с нагнетательными ГС с МГРП, рядная система ГС с МГРП с нагнетательными ННС с ГРП. Всего выполнено несколько тысяч аналитических расчетов и расчетов на имитационных секторных моделях, параметры и количество вариантов по системам разработки представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

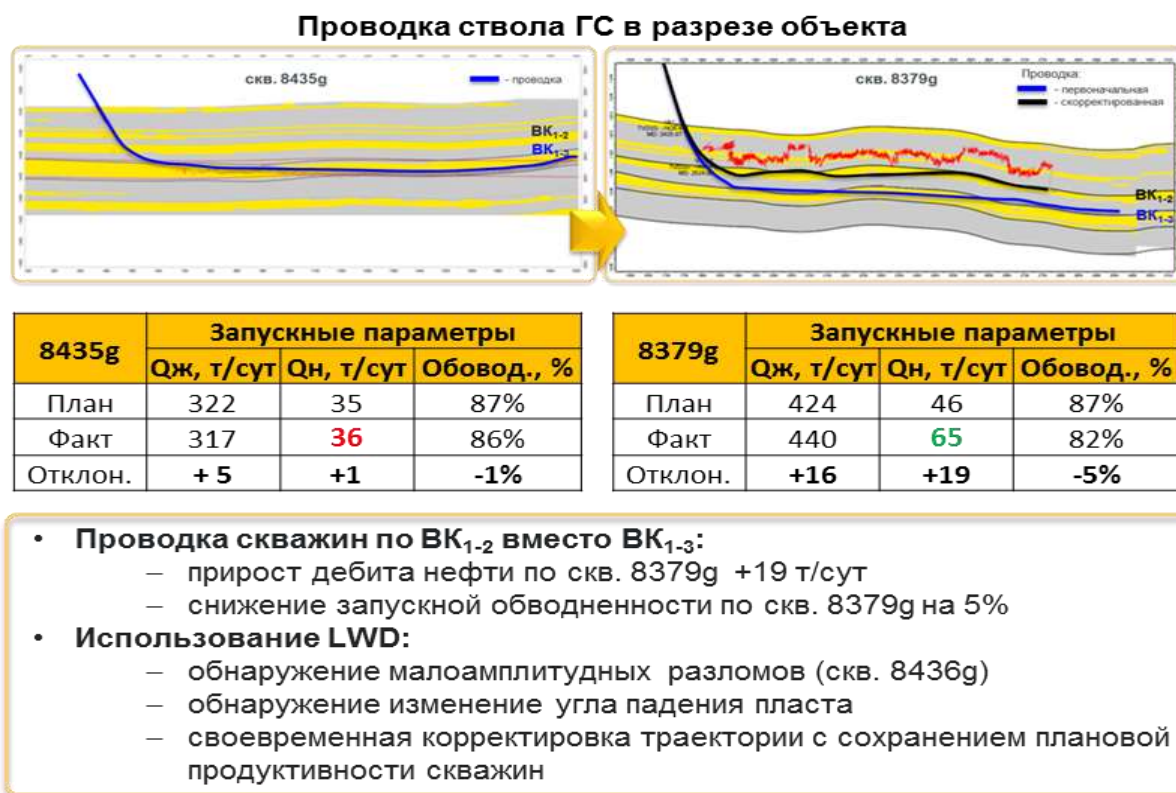
**Описание схем и параметров расчетов**

Система	Предпосылки	Расчет Схема	Ннн, м	Расстояние м/д скв.	Длина ГС, м	Расстояние м/д ГРП	Итого расчетов
<b>ННС+ГРП 7-ми точечная обращенная. Соотношение: 1/2</b>	Успешная реализация на месторождении	Аналитика (все 7 участков)	2-15 м с шагом 1 м (13 топщин)	200-1200 м с шагом 100 м (11 вариантов)	-	-	<b>1001</b>
		ГДМ (3 участка)	2-8 м с шагом 2 м (4 топщины)	300-700 м с шагом 100 м (5 вариантов)	-	-	<b>60</b>
<b>Рядная ГС+МГРП ППД: ГС+МГРП. Соотношение трещин: 1/2</b>	Опыт Компании ООО «РН- Юганскнефтегаз» АО «Самотлорнефтегаз»	ГДМ (4 участка)	2-8 м с шагом 2 м (4 топщины)	200-800 м с шагом 200 м (4 варианта)	400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 м (6 вариантов)	без ГРП, 50, 100, 200 м (4 комбинации)	<b>1536</b>
<b>Рядная ГС+МГРП ППД: ННС+ГРП. Соотношение трещин: 1/2</b>		ГДМ (4 участка)	2-8 м с шагом 2 м (4 топщины)	200-800 м с шагом 200 м (4 варианта)	400, 600, 800, 1000, 1500, 2000 м (6 вариантов)	без ГРП, 50, 100, 200 м (4 комбинации)	<b>1536</b>
<b>ИТОГО РАСЧЕТОВ</b>							<b>4133</b>

Численные расчеты выполнялись на имитационных моделях участков Каменного ЛУ. Во всех расчетах принята успешность проведения ГРП в ГС – 75 % при кол-ве ГРП >3 (на основе статистических данных по результатам пилотных работ). Оценка экономической эффективности проводилась по удельным величинам.

По результатам ОПР на 49 кусте было выявлено, что оптимальным положением ГС в разрезе ВК Каменного ЛУ является проводка ствола скважины по 2 второму циклиту первого пласта ( $ВК_1^2$ ), что обусловлено особенностями разреза викуловских отложений (улучшение ФЕС сверху вниз) на данном лицензионном участке. На рисунке 1 на примере скважин № 8435Г и № 8379Г

показано улучшение запускных показателей ГС с МГРП в зависимости от положения ствола скважины в разрезе.



**Рисунок 1. Проводка ГС в разрезе викуловской свиты на 49 кусте Каменного ЛУ**

В качестве оптимального выбрано продольное направление трещин ГРП относительно линии стресса (330° по азимуту), эффективность такого решения подтверждена фактическими результатами на Самотлорском месторождении и на месторождениях ООО «РН-Югаснефтегаз».

В качестве критерия оптимальности выбрана максимальная экономическая эффективность системы разработки.

В результате итерационных расчетов определены оптимальные параметры для систем ГС с МГРП:

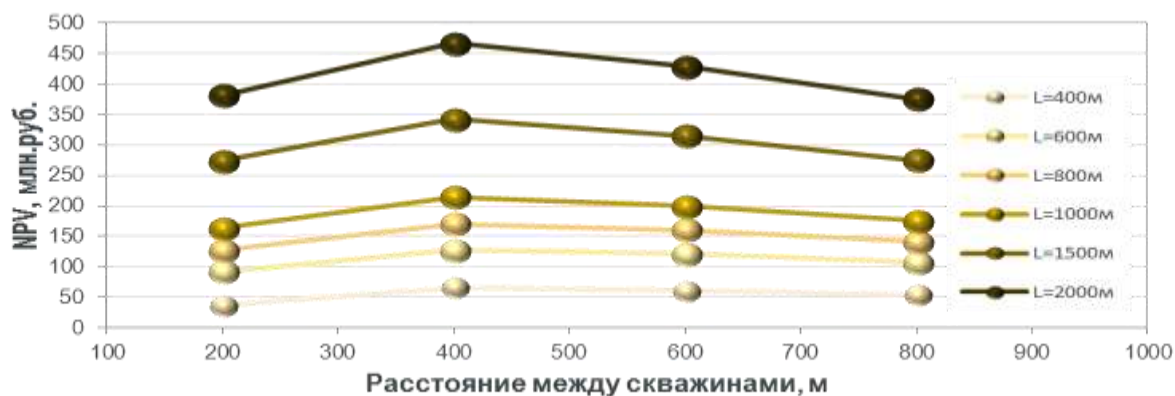
1. независимо от длины ГС оптимальное расстояние между добывающими и нагнетательными скважинами (рядами) составило 400 м при соблюдении оптимального соотношения трещин (1/2) в добывающих и нагнетательных скважинах (рисунок 2);

2. аналогично определяется оптимальное расстояние между краями трещин ГРП, оно равно 50 м для всех длин ГС и расстояний между скважинами (рисунок 3);

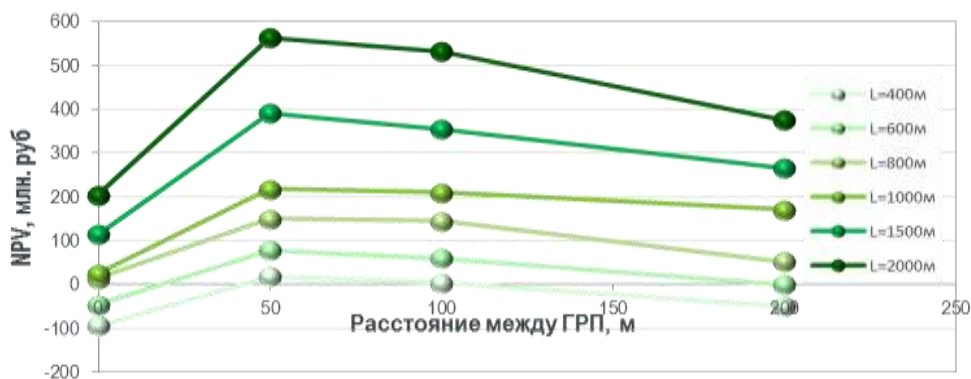
3. с учетом технологических рисков оптимальная длина добывающей ГС в системе ГС/ННС – 600 м с 7 ГРП, нагнетательная – ННС с ГРП (рисунок 4);

4. конкурирующая система ГС/ГС имеет следующие параметры: оптимальная длина добывающей ГС – 1200 м с 14 ГРП, нагнетательной – 600 м с 7 ГРП;

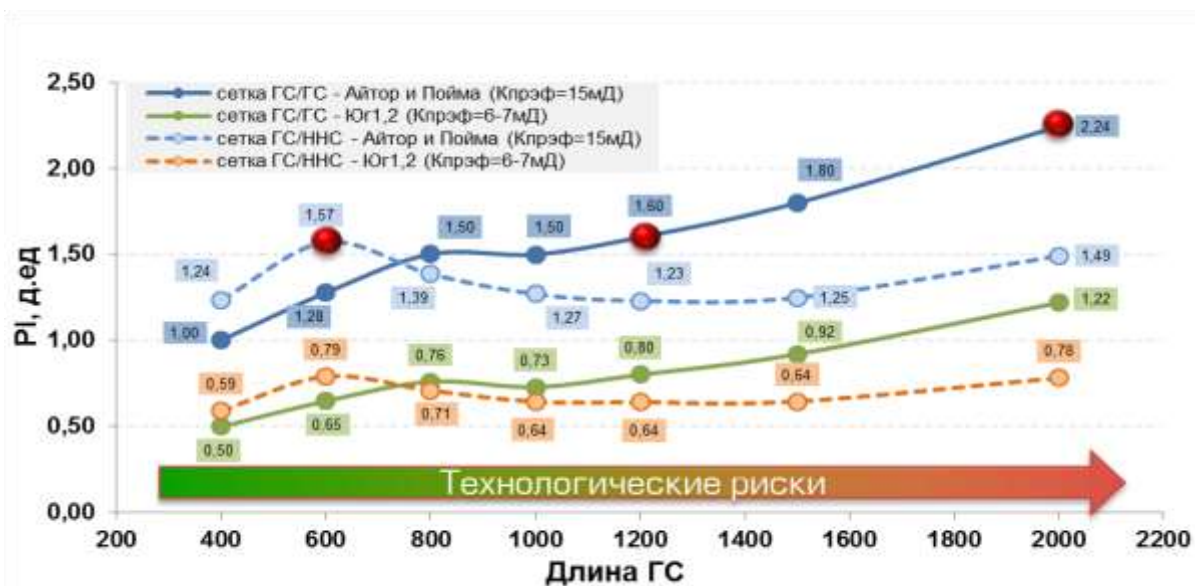
5. на сегодняшний день для тиражирования наиболее приемлемой является рядная система ГС с МГРП с нагнетательными ННС с ГРП.



**Рисунок 2. Зависимость ЧДД элемента разработки от расстояния между добывающими и нагнетательными скважинами для различных длин ГС в пласте**



**Рисунок 3. Зависимость ЧДД элемента разработки от расстояния между трещинами ГРП для различных длин ГС в пласте**



**Рисунок 4. Зависимость PI элемента разработки от длины ГС в пласте**

Сравнение выполнялось для групп лучших и худших по ФЭС участков Айтор и Пойма, Юг-1 и Юг-2. Сопоставлялись системы при следующих параметрах: Ннн = 8 м, расстояние между скважинами – 400 м, между крыльями ГРП – 50 м.

При увеличении длины ГС в системе ГС/ННС требуется большое количество нагнетательных скважин, поэтому эффективность данной сетки изменяется слабо, так, например, для ГС 2000 м требуется 5 нагнетательных ННС. При замене нагнетательных ННС на ГС с МГРП экономическая эффективность резко возрастает, поэтому уже с длины 800 м более перспективна сетка ГС/ГС, но вместе с тем возрастают и риски.

Для принятия решения о тиражировании конкурирующей системы ГС 1200 м с 14 ГРП необходимо проводить опытно промышленные работы.

В процессе анализа было обнаружено, что существует альтернативный, наиболее рентабельный вариант разработки – бурение двухкилометровых горизонтальных добывающих и горизонтальных нагнетательных скважин. Следует отметить, что расчет выполнялся с рядом важных допущений, в том числе и сохранением 75 % успешности проведения МГРП. Поэтому, прежде чем рекомендовать данный вариант к внедрению или проведению ОПР, необходимо

опробовать технологию бурения 1200 метровых и более горизонтальных скважин.

По результатам анализа наиболее перспективная для тиражирования по соотношению доход/риск система ГСдоб 600 м + 7ГРП / ННСнаг + ГРП.

Можно сделать вывод, что переход к горизонтальному бурению расширяет рентабельные области размещения фонда на отложениях викуловской свиты, поскольку экономическая эффективность бурения ГС выше, чем ННС. В таблице 1 на примере участка Пойма показано преимущество систем ГС по сравнению с ННС.

**Таблица 1.**

**Сравнение систем ГС/ННС и ННС на примере участка Пойма**

ННС (W=400м)					ГС (W=400м, L <sub>доб</sub> =600м)				
Н <sub>нн</sub>	ΣQ <sub>н</sub> на скв.	КИН	NPV	PI	Н <sub>нн</sub>	ΣQ <sub>н</sub> на скв.	КИН	NPV	PI
м	тыс.т.	д.ед.	млн руб.	д.ед.	м	тыс.т.	д.ед.	млн руб.	д.ед.
6	18,1	0,227	-577	0,72	6	57,3	0,343	63	1,36
8	23,5	0,227	-93	0,95	8	66,7	0,299	101	1,57

В результате проведенных исследований по опыту применения ГС+МГРП получены следующие выводы:

- для снижения рисков по геологии необходимо детальное геологическое сопровождение бурения;
- получен положительный опыт организации системы ППД через нагнетательные ННС+ГРП: отмечается стабилизация и рост дебитов жидкости и нефти в добывающих ГС+МГРП;
- в условиях имеющегося в настоящее время налогового стимулирования, позволяющего с относительной безубыточностью разрабатывать нерентабельные объекты, реализация потенциала тюменской свиты вполне объективна в ближайшие годы;
- учитывая незначительный период разработки оценить перспективы по накопленной добыче на основе общепринятых характеристик вытеснения не представляется возможным.

## **Список литературы:**

1. Методы увеличения нефтеотдачи и технология АСП, Я.Е. Волокитин, М.Ю. Шустер, В.М. Карпан, 2015.
2. Уточнение геологического строения тюменской свиты Красноленинского месторождения с разработкой рекомендаций и выделением первоочередных участков для разведочного и опережающего эксплуатационного бурения».
3. Дополнение к технологической схеме разработки Красноленинского нефтегазоконденсатного месторождения в границах Каменного (Западная часть) лицензионного участка», 2019.

## ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ КЛАССИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ FMS

*Удовиченко Владислав Михайлович*

*студент,*

*Белгородский государственный технологический университет,  
РФ, г. Белгород*

*Погорелов Алексей Владимирович*

*научный руководитель, старший преподаватель,*

*Белгородский государственный технологический университет,  
РФ, г. Белгород*

## THE PRINCIPLE OF CONSTRUCTION OF THE CLASSICAL AUTOMATIC FLIGHT CONTROL SYSTEM FMS

*Vladislav Udovichenko*

*Student,*

*Belgorod State Technological University,  
Russia, Belgorod*

*Alexey Pogorelov*

*Scientific supervisor, Senior lecturer,*

*Belgorod State Technological University,  
Russia, Belgorod*

**Аннотация.** В представленной статье рассмотрены основные функциональные узлы системы автоматического управления FMS. Разобран принцип работы каждого модуля системы, назначение основных элементов и комплексов управления авиалайнером. Проанализирована организационная структура системы управления авиалайнером посредством функциональных узлов и логических связей между входными и выходными сигналами каждого элемента системы управления.

**Abstract.** In the presented article, the main functional components of the automatic control system FMS are considered. The principle of operation of each module of the system, the purpose of the main elements and control systems of the airliner are analyzed. The organizational structure of the airliner control system is



analyzed by means of functional nodes and logical connections between the input and output signals of each element of the control system.

**Ключевые слова:** управление авиалайнером, модули автоматического управления, функциональная схема FMS, система управления полетом.

**Keywords:** airliner control, automatic control modules, functional diagram FMS, flight control system.

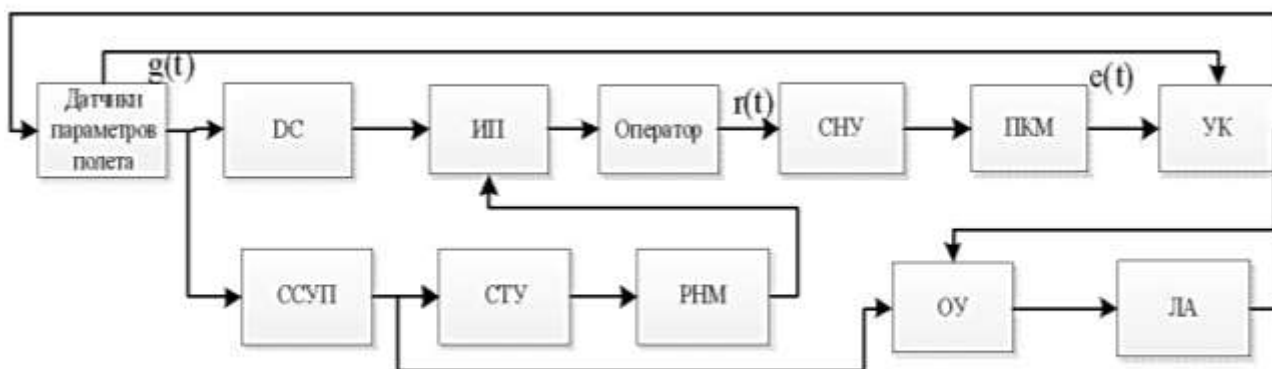
Автоматизация процесса управления авиалайнером представляет собой влияние на аэродинамические параметры воздушного судна посредством программно-аппаратных комплексов. С точки зрения теории автоматического управления (ТАУ) самолет описывается системой нелинейных нестационарных дифференциальных уравнений [1, с.84] их решение заложено принципе функционирования системы автоматического управления полетом. В рамках этой статьи мы рассмотрим системы управления одного из самых популярных американских авиалайнеров - Boeing-767-300ER.

Boeing-767-300ER – широкофюзеляжный авиалайнер с увеличенной дальностью полета. Разработчики оснастили эту модель усовершенствованной системой подачи топлива. Кроме того, лайнер характеризуется высокой эффективностью в управлении, и обладает улучшенной электронной системой контроля полета Fly Menegment System (FMS). Система управления полетом FMS, как правило, устанавливается на трансатлантических авиалайнерах, поскольку управлять большими объектами гораздо сложнее. Принцип работы САУ авиалайнера основан на замкнутом управлении, то есть на взаимодействии модулей автоматического управления с оператором, что реализовано в системе неавтоматического управления.

Функциональная схема FMS состоит из классических модулей управления и контроля аэродинамических параметров, отвечающих за: снижение нагрузки на летательный аппарат посредством использования программно-контроллерных модулей; управление траекторией перемещения в процессе полета посредством

использования датчиков типа GPS и ILS, установленных в радионавигационном модуле системы управления; возможность вмешательства оператора в систему управления посредством дисплеев (CDU); автоматическую запись параметров полета, изменения траектории, тяговых или аэродинамических параметров полета в бортовую приборную систему (EFIS) и встроенную навигационную базу данных [2].

На рисунке 1 представлена функциональная схема системы автоматического управления полетом FMS.



**Рисунок 1. Функциональная схема системы управления FMS**

DC - логический блок преобразования сигналов (дешифратор); ИП - индикатор параметров, СНУ - система неавтоматического управления;

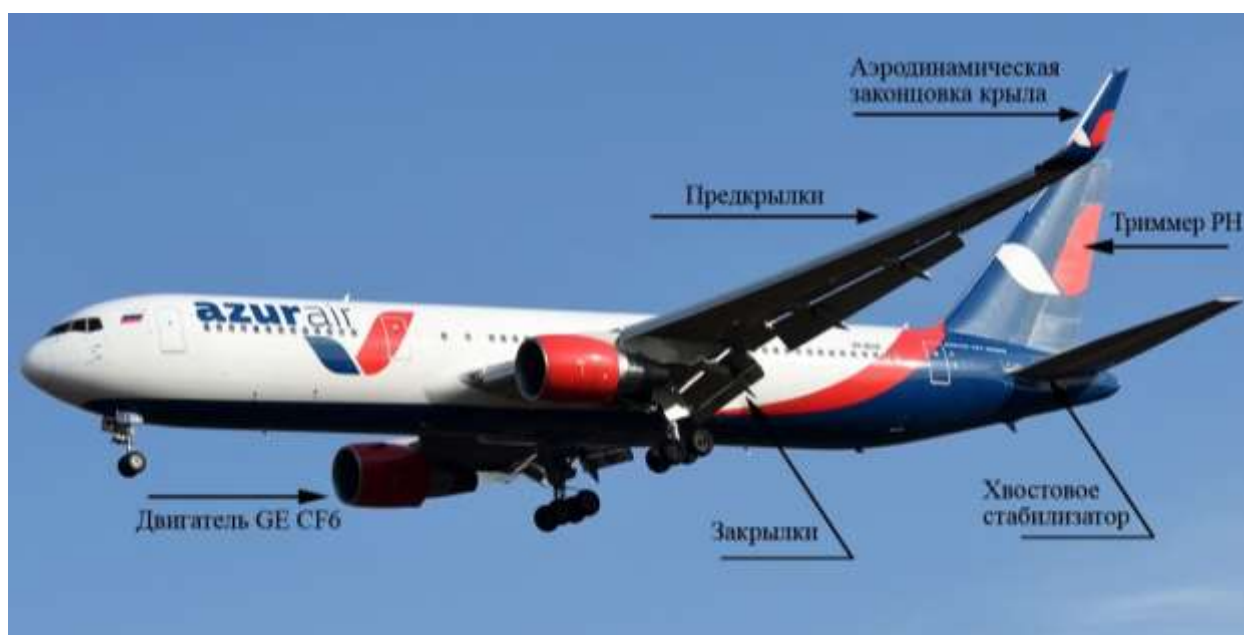
ПКМ - программно-контроллерный модуль; УК - устройства корректировки; ССУП - система стабилизации угла поворота; СТУ - система траекторного управления; РНМ - радионавигационный модуль; ОУ - объект управления; ЛА - летательный аппарат.

Система траекторного управления (СТУ) – бортовая электронная система, предназначенная для формирования и выдачи потребителям управляющих сигналов по крену и тангажу при автоматическом и директорном управлении летательным аппаратом в режиме захода на посадку по сигналам радиомаяков.

Устройство корректировки обеспечивает функциональную корректировку параметров полета, его основой являются инерциальные системы и гироскоп.

Неисправность в работе системы управления авиалайнером, нарушение взаимосвязи между функциональными модулями, приведенными на рисунке 1, может привести к рассогласованию в работе управляющих элементов управления авиалайнером, что в свою очередь приведет к значительным проблемам в характере полета воздушного судна и увеличит нагрузку на оператора неавтоматической системы управления. В этом случае оператору необходимо будет корректировать ошибку рассогласования прямым воздействием на комплексы управления.

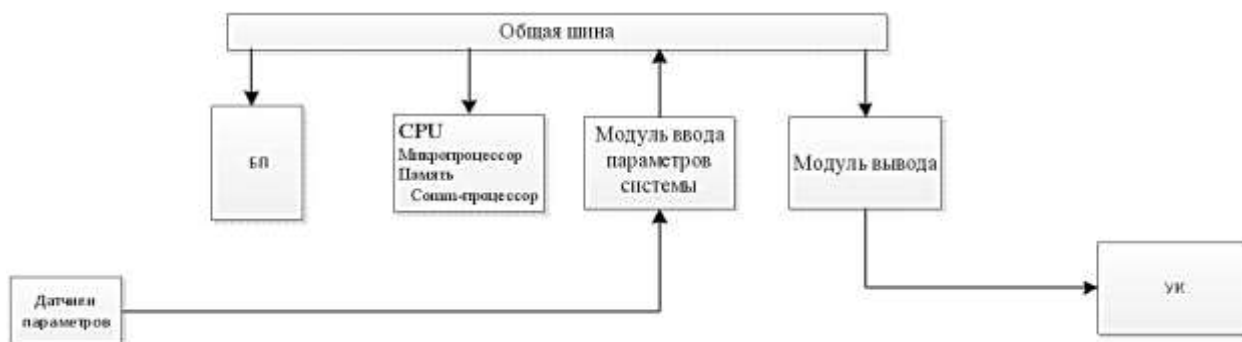
Система неавтоматического управления формирует управляющее воздействие, заданное оператором системы. Основным элементом этого модуля являются комплексы и элементы управления лайнером. Основными комплексами управления авиалайнером являются: рули высоты и направления, регуляторы управления параметрами силовой установки, регуляторы управления механизацией крыла, средства управления шасси и тормозами. Обратная связь системы управления с оператором обеспечивается посредством блока индикаторов полетных показателей. Автоматическое управление осуществляется посредством программ, записанных в программно-контроллерный модуль системы.



**Рисунок 2. Элементы управления авиалайнера Boeing-767-300ER**

Элементами управления лайнера являются: двигатели, закрылки, хвостовое оперение, элероны, предкрылки, стабилизаторы. Эти элементы управления являются наиболее значимыми, они участвуют в формировании подъемной силы, корректировке движения воздушного судна и стабилизации полета. Так, в процессе предполетной подготовки воздушного судна именно этим элементам уделяется особое внимание. К примеру, в снегопад в аэропорту авиалайнеры проходят противообледенительную обработку для того, чтобы очистить аэродинамические плоскости управления авиалайнером от снега и льда, которые негативно влияют на создание подъемной силы, так же снежная и гололедная нагрузка увеличивает вес авиалайнера, что приводит к повышению риска аварийных ситуаций.

Программно-контроллерный модуль осуществляет автоматическое преобразование сигналов, поступающих на вход микроконтроллера, и посредством математических и логических преобразований создает более оптимальные варианты корректировки сигнала. Основным элементом этого модуля является микроконтроллер, функциональная схема которого приведена на рисунке 3.



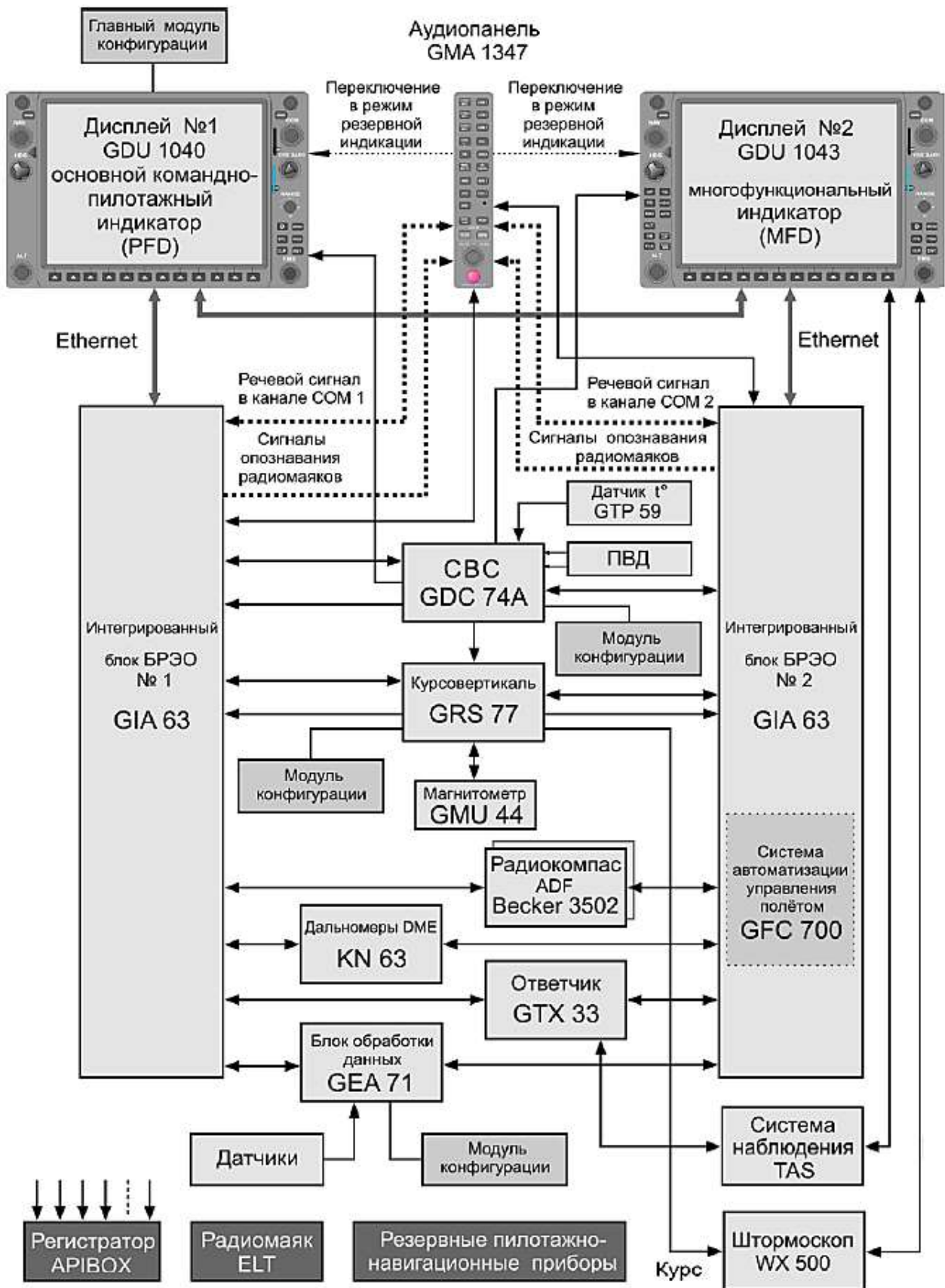
**Рисунок 3. Логическое устройство программно-контроллерного модуля**

На рисунке 3 обозначены БП - блок питания; CPU – центральный процессор; УК - устройство корректировки сигналов. Основным элементом структуры микроконтроллера является центральный процессор CPU, в него входят три элемента: микропроцессор, память и устройство логической выборки исполнения команд Соптм-процессор. Реализация программного кода происходит в

микропроцессоре, а результаты выполнения программы хранятся в памяти центрального процессора.

Устройство корректировки обеспечивает функциональную корректировку параметров полета, его основой являются инерциальные системы и гироскоп.

Радионавигационный модуль обеспечивает наиболее безопасное изменение траектории полета, опираясь на текущую локацию. Основой радионавигационного комплекса авиалайнера Boeing-767-300ER является радиоэлектронный пилотажно-навигационный комплекс Garmin-1000, который представляет собой комплексную полнофункциональную информационно-управляющую систему, выполняющую функции навигации полета, автоматизации пилотирования и контроля показателей полета. Структура радиоэлектронного и приборного комплекса представлена на рисунке 4.



**Рисунок 4. Структура радиоэлектронного и приборного комплекса Garmin-1000**

В состав радионавигационного комплекса Garmin-1000 входят:

1) система индикации и сигнализации, состоящая из: основного командно-пилотажного индикатора (дисплея) PFD - GDU 1040 №1; многофункционального индикатора (дисплея) MFD - GDU 1040 1043 № 2;

2) система внутренней и внешней связи, состоящая из: аудиопанели GMA 1347 с маркерным радиоприёмником; двух командных радиостанций ОБЧ-диапазона COM 1 и COM 2;

3) датчики навигационной и пилотажной информации: два приёмоизмерителя системы спутниковой навигации GPS; два комплекта аппаратуры навигации и посадки VOR / ILS; комплект самолётного дальномера фирмы Honeywell KN 63 Remote DME с антенной K A 60; автоматический радиокompас ADF типа Becker RA-3502 с блоком преобразования Becker AC-3504 и антенной Becker AN-3500; цифровая система воздушных сигналов GDC 74A с приёмниками воздушных давлений и датчиком температуры наружного воздуха GTP 59; курсовертикаль (AHRS) GRS 77 с магнитометром GMU 44;

4) В состав Garmin-1000 также входит самолетный ответчик (транспондер) GTX 33, штормоскоп (грозоотметчик) WX 500 для обнаружения зон грозовой активности и локализации разрядов молний.

Подводя итог сказанного, стоит отметить, что система управления авиалайнером служит для обеспечения полета по заданной траектории путем коррективки траектории полетом посредством. Использование систем управления полетом играет ключевую роль в мире авиаперевозок. Системы управления полетом не только снизили рабочую нагрузку, но и значительно уменьшили вероятность ошибки.

В настоящее время системы управления стали удобнее и безопаснее. Так, в российском авиалайнере MC-21 установлена одна из самых безопасных, надежных и передовых систем управления fly-by-wire, что представляет собой глубокую модернизацию системы управления FMS. Основным новшеством системы является использование активных боковых ручек управления, которые совмещают функциональные особенности регулятора параметров и штурвала.

### **Список литературы:**

1. Гусев А.Н. Системы автоматического управления самолетом: Учебное пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т Самара, 2004. – 138 с.
2. Официальный сайт компании НПЦ «Авиасистемы»: Портал знаний современной авионики – [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <http://npcas.ru/wiki/sistema-samoletovozhdeniya.html> (дата обращения 25.10.2022).
3. Рубцов Е.А., Шикавко О.М., Сушкевич Б.А. Радиооборудование воздушных судов и его летная эксплуатация: Учебное пособие / Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации С.- Петербург, 2016. – 120 с.



*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

*Электронный сборник статей по материалам LV  
студенческой международной научно-практической конференции*

№ 10 (55)  
Ноябрь 2022 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: [mail@nauchforum.ru](mailto:mail@nauchforum.ru)

16+

