



КОМПЛЕКС ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ МБК ILS-250E

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ

ОПИСАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ



Применение электронных средств безопасности АСУ для реализации новых возможностей управления технологическими процессами протекающими при строительстве скважин



Совершенствование методов распознавания технического состояния бурового оборудования в рабочих режимах, за счет широкого использования средств контроля и диагностики

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

✓ Практический опыт эксплуатации

✓ Возможности и удобства АСУТП

✓ ПБНГП

Цели работы:

Комплекс электронных средств безопасности и управления буровой установкой, обеспечивающих своевременное предупреждение о критичном режиме работы, с последующей остановкой технологического процесса в случае игнорирования предупреждения

- повышение отказоустойчивости оборудования бурового комплекса с увеличением сроков службы основных производственных фондов
- снижение непроизводительного времени
- повышение эффективности производственных процессов и культуры производства
- увеличение экономической эффективности работы персонала и предприятия в целом

Для достижения поставленных целей решены следующие ключевые задачи:

- проанализированы различные российские и зарубежные комплексы автоматизированных систем управления и их электронных средств безопасности;
- разработаны технические требования к автоматизированным и вспомогательным электронным системам бурового комплекса грузоподъемностью 250 тонн с электрическим ЧРП;
- проведена оценка инцидентов и простоев БК ILS-250E во время монтажа, ПНР, а также в гарантийный и постгарантийный периоды эксплуатации, проанализированы причины, отражены необходимые доработки АСУТП;
- проведен анализ простоев и инцидентов, отражающий необходимость реализации средств безопасности и управления, опираясь на имеющийся практический опыт;
- разработаны и внедрены алгоритмы средств безопасности, управления и диагностирования

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ АСУТП БУ И ИХ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ

Что выполнено:

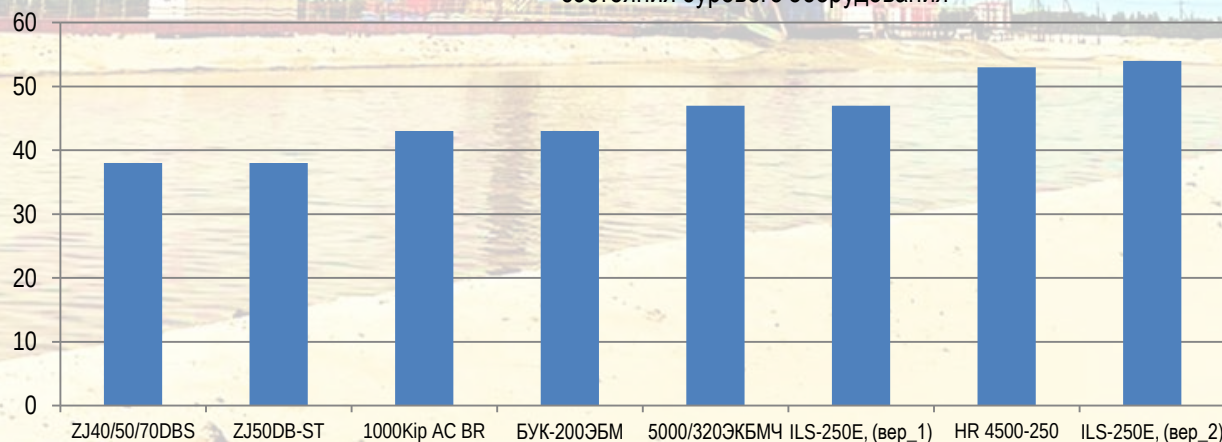
- ✓ на основании требований ПБНГП, учитывая практический опыт эксплуатации, был определен общий перечень характеристик позволяющих проанализировать наличие защитных и технологических блокировок, средств безопасности, реализованных электронными и программными средствами различных АСУ. Перечень включает 55 пунктов, сравнительная оценка ведется по 9 буровым установкам различных типов

Результат:

- ✓ сформированы основополагающие тезисы АСУТП бурового комплекса, технические требования к автоматизированным и вспомогательным электронным системам МБК

В наглядном сравнении можно отметить следующее:

- ✓ три типа БУ разной грузоподъемностью 225/315/450 тонн, мод. ZJ40/50/70DBS, произ. "HoungHua group", Китай, 2009-2014 г.в.;
- ✓ БУ мод. ZJ50DB-ST, произ. "Beijing Forpetro", Китай, 2008-2012г.в. Вышеприведенные БУ, имеют выраженную скудность в функционале АСУТП, точнее ее электронных средств безопасности и диагностики;
- ✓ БУ мод. LEWKO 1000Kip AC Beat Rig, произ. "LeTourneau", США, 2006-2007г.в. Несмотря на годы выпуска, система управления обладает широкими возможностями ввиду интеграции систем управления различными механизмами в единую сеть;
- ✓ БУ мод. HR 4500-250, произ. "Bentec GmbH", Германия, 2007-2017г.в. Отличаются наиболее расширенным функционалом АСУТП, с собственным ассортиментом интеллектуальных программных приложений и решений (реализуемые в среде BentecIOS);
- ✓ БУ мод. БУК-200Э БМ-ЦК, произ. "Кливер", Россия, 2013-2019г.в.;
- ✓ БУ мод. 5000/320 ЭК-БМЧ, произ. "Уралмаш НГО Холдинг", Россия, 2012-2019г.в. Комплекс средств безопасности установок мод. БУК-200Э БМ-ЦК и 5000/320 ЭК-БМЧ отвечает действующим требованиям ПБНГП, также имеются средства диагностики, возможность удаленного мониторинга технологического процесса и состояния бурового оборудования



АНАЛИЗ, ОЦЕНКА ИНЦИДЕНТОВ И ПРОСТОЕВ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

Буровая установка	Скважина	Дата инцидента	НПВ, время устранения, час	Краткое описание инцидента; причины; оценка вероятности аварии
ZJ50DBS	4211	01.02.2014	28,0	неконтролируемый спуск ТБ, разгрузка на БИ во время СПО; длительное наложение колодок ДТ БЛ; путь пройденный ТБ 3,00 м; гидравлическая жидкость гидросистемы ДТ не соответствует климатическим нормам; несвоевременное проведение регламентных работ по ТО и регулировке ДТ; "человеческий фактор"; высокая вероятность аварии
ZJ50DBS	520	14.07.2014	6,0	аварийное наложение ДТ БЛ; в дальнейшем невозможность их разжать; неисправность пневмосистемы ДТ БЛ, выход из строя пневмоклапана MFH-3-1/4; низкая вероятность аварии
ZJ50DBS	2031H	10.07.2015	9,8	повреждение БВ в нижней точке, отведенными штропами СВП при подъёме БИ во время проработки; нарушены п.1.13, п.5.2-5.7 и п.7 "ИОТ при эксплуатации СВП", отсутствие надлежащего контроля и проведения инструктажей; п.152 ПБНГП отсутствие блокировки; "человеческий фактор"; высокая вероятность аварии
ZJ50DBS	15062Г	09.10.2015	29,5	неконтролируемый спуск ТБ, разгрузка на БИ во время СПО; отключение ЧРП БЛ ЭД "А" по превшению тока; остановка ТБ аварийными колодками ДТ, путем нажатия аварийной кнопки; ПО АСУТП не имеет функциональной возможности автоматического наложения ДТ в случае отключения ЧРП БЛ; средняя вероятность аварии
ZJ50DBS	552	17.08.2016	11,0	неконтролируемый спуск ТБ, разгрузка на забой во время бурения; при забое скважины 3372 в режиме автоматического бурения с ограниченной скоростью - 11м/час и ограничением нагрузки на долото в 6 т.; остановка ТБ аварийными колодками ДТ, путем нажатия аварийной кнопки; неисправностей и ошибок АСУ не выявлено; отсутствие защитной функции в алгоритме автомат_бурения; высокая вероятность аварии
ZJ50DB-ST	5H	25.09.2016	1,5	неконтролируемый спуск ТБ во время спуска БИ в скважину, без столкновения с конструкциями БУ; отключение ЧРП БЛ ЭД "А" и "В" по причине выхода из строя энкодера; остановка ТБ аварийными колодками ДТ, путем нажатия аварийной кнопки; ПО АСУТП не имеет функциональной возможности автоматического наложения ДТ в случае отключения ЧРП БЛ; высокая вероятность аварии
ZJ50DBS	550	14.12.2016	13,1	неконтролируемый спуск ТБ, без столкновения с конструкциями БУ; потеря связи по сети Profibus с ПЛК; остановка ТБ аварийными колодками ДТ, путем нажатия аварийной кнопки; ПО АСУТП не имеет функциональной возможности автоматического наложения ДТ в случае потери связи с ПЛК; высокая вероятность аварии
ZJ50DBS	705	01.04.2017	2,0	повреждение БВ в верхней точки, без диффектов сварочных швов конструкции, отведенными штропами СВП при спуске во время проработки; некорректные параметры ограничения высоты движения ТБ в интервале БВ при отведенных штропах СВП; "человеческий фактор"; высокая вероятность аварии
LEWKO 1000Kip AC Beat Rig	1	02.11.2017	16,0	неконтролируемый спуск ТБ, разгрузка на БИ во время "рассхаживания"; активация режима автоматического бурения, при этом джойстик управления БЛ не был переведен в положение "Парковочный тормоз"; "человеческий фактор"; высокая вероятность аварии
ZJ50DBS	511	16.01.2018	22,00	неконтролируемый спуск ТБ, разгрузка на БИ; во время технологической паузы проводилась диагностика системы ДТ БЛ, персоналом ошибочно были изменены цепи управления эл_магнитным клапаном аварийных колодок ДТ; "человеческий фактор"; высокая вероятность аварии
ИТОГО:			138,85	

Дополнительно:

- ✓ опираясь на имеющийся практический опыт, по архивным данным, проведен анализ инцидентов и простоев, возникших во время эксплуатации различных буровых установок

Результат:

- ✓ выполненная оценка материальных и финансовых потерь, в практическом отношении подтверждает необходимость разработки и внедрения электронных средств безопасности и управления АСУ, опираясь, в том числе и на эти результаты были сформированы алгоритмы, приведённые далее



РАЗРАБОТАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ МБК

Алгоритм автоматического наложения ДТ БЛ при нулевом значении скорости в течение заданного времени (парковка)

С целью исключения непреднамеренного ошибочного задания на спуск/подъем ТБ, формирование команды скорости БЛ с джойстика или панели управления в КБ, основные шаги:

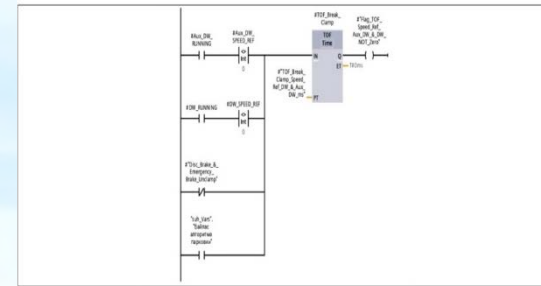
- если в течение установленного времени, скорость движения инструмента равнялась нулю, то АСУ формирует предупреждающий сигнал об автоматическом наложении колодок ДТ;
- если в течение времени предупреждения бурильщик, не произведет никаких действий, то АСУ автоматически наложит колодки ДТ

Алгоритм диагностики работы тормозной системы

Данный алгоритм позволяет измерить время наложения/снятия колодок рабочего и аварийного контуров ДТ БЛ, как следствие проанализировать техническое состояние, основные шаги:

- АСУ контролирует давление в каждом контуре дискового тормоза буровой лебедки и время наложения колодок;
- в случае превышении установленного времени затормаживания/растормаживания, то АСУ считает соответствующий контур неисправным;
- если измеренное значение времени выше 90% но менее 100%, формируется соответствующее предупреждение

Листинг программы, функционального блока



Network 4: Звуковое предупреждение за 15 сек до наложения тормоза

```
0001 #temp1 := TIME_TO_DINT(F101_Break.Clamp_Speed_Ref_DM_4_Aux_DM_pa*); // Задаем время
0002 #temp2 := TIME_TO_DINT(F101_Break.Clamp_Speed); // Задаем время
0003 #temp3 := REAL_TO_DINT("DM_From_BMC".Setpoint_TOP_от_предупр_до_налож_ * 1000); // Время от предупреждения до наложения
0004 // если до срабатывания замера осталось меньше указанного в
0005
0006 // время 301, от 12.02.2021
0007 // изменение времени звуковой сигнализации до наложения торм
0008 // если зад. установка больше времени срабатывания наложения, то вре
0009 IF #temp3 > #temp1 THEN
0010   #temp3 := #temp1;
0011 END_IF;
0012
0013 IF (#temp1 - #temp2) < #temp3 THEN
0014   #alarm_предупреждение := "Clock_2s" AND "Clock_0.5s";
0015 ELSE
0016   #alarm_предупреждение := 0;
0017 END_IF;
0018
0019 // Обнулить счетчик при нажатии на кнопку "Сброс"
0020 IF "Is_Reset_2" THEN
```

Диагностика работы тормозной системы

Блокировка алгоритма	Ограничение скорости	Отклонение ПЧ до наложения тормоза
Ограничение скорости (м/с)	+0,60	Ст. тормоз наложен
Левый суппорт	Время зажима тормозов, сек: 0,000	Правый суппорт
Время разжима тормозов, сек: 0,000	Время зажима тормозов, сек: 0,000	Время разжима тормозов, сек: 0,000
Аварийный суппорт	Время зажима тормозов, сек: 0,000	Время разжима тормозов, сек: 0,000

Нажатие кнопки "Аварийный тормоз лебедки"

Давление в рабочем тормозном контуре	Давление в аварийном контуре	Давление в гидросистеме дискового тормоза	Давление в гидросистеме лебедки
Давление в рабочем тормозном контуре	Давление в аварийном контуре	Давление в гидросистеме дискового тормоза	Давление в гидросистеме лебедки
06,85	06,84	06,85	06,84
Левый суппорт	Правый суппорт	Аварийный суппорт	Работает
Время зажима тормозов, сек: 0,000	Время зажима тормозов, сек: 0,000	Время зажима тормозов, сек: 0,000	Время зажима тормозов, сек: 0,000
Время разжима тормозов, сек: 0,000	Время разжима тормозов, сек: 0,000	Время разжима тормозов, сек: 0,000	Время разжима тормозов, сек: 0,000

РАЗРАБОТАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ МБК

Алгоритм проскальзывания

Алгоритм автоматического наложения колодок ДТ БЛ при обнаружения неисправности трансмиссии привода БЛ (н/р: неисправность редуктора, проскальзывание ШПМ, разность значений энкодеров):

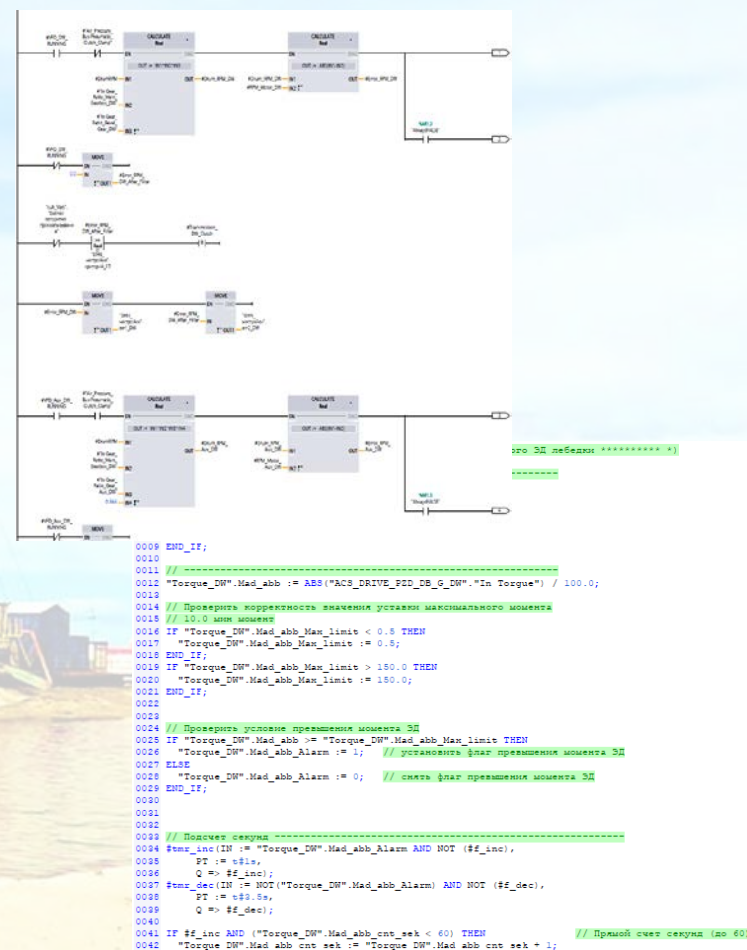
- если АСУ фиксирует рассогласование заданной скорости ПЧ, и расчетной скорости, полученной на основании значений датчика угла поворота БЛ, то происходит автоматическое наложение колодок ДТ с выдачей соответствующего аварийного сообщения на панель ЧМИ в КБ

Алгоритм контроля превышения момента электродвигателей БЛ

Алгоритм разработан для защиты ЭД главного и аварийного ЧРП БЛ от перегрузки:

- если в процессе выполнения технологических операций по строительству скважины, основным либо аварийным ЭД буровой лебедки, произойдет превышение номинального момента двигателя более чем на 110%, АСУ выдаст предупреждающее сообщение "Предупреждение о превышении момента основного/аварийного ЭД лебедки" на экране панели бурильщика, а также запуститься сигнальное средства оповещения;
- пока момент электродвигателя превышает 110% и имеет место быть бездействие со стороны бурильщика (оператора), в течение установленного времени, двигатель главного либо аварийного привода лебедки будет считаться перегретым, АСУ в аварийном режиме останавливает перегруженный привод, накладывает тормоза и после получения сигнала о гарантированном наложении тормозов отключает частотный преобразователь соответствующего привода

Листинг программы, функционального блока



РАЗРАБОТАННЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ СРЕДСТВА БЕЗОПАСНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ МБК

Алгоритм ограничения скорости в зависимости от момента и питающего напряжения

Функциональные возможности данного алгоритма позволяют учитывать и анализировать в реальном времени следующие факторы:

- ✓ просадку входного напряжения частотного привода ACS880, так как момент создаваемый ЭД БЛ напрямую зависит от входного напряжения на преобразователе;
- ✓ характеристику зависимости момента на валу от скорости вращения ЭД. Данная характеристика ограничивает скорость ТБ в зависимости от максимально возможного момента ЭД;
- ✓ скорость спуска крюкоблока в зависимости от веса на крюке с учетом мощности тормозных резисторов ЧРП.

Результатом является ограничение скорости.

Функциональные возможности АСУ позволяют использовать данные веса из трех точек:

- ✓ "собственный" датчик веса, интегрированный в АСУ;
- ✓ датчик веса системы контроля параметров бурения;
- ✓ расчетный вес, по токам ПЧ.

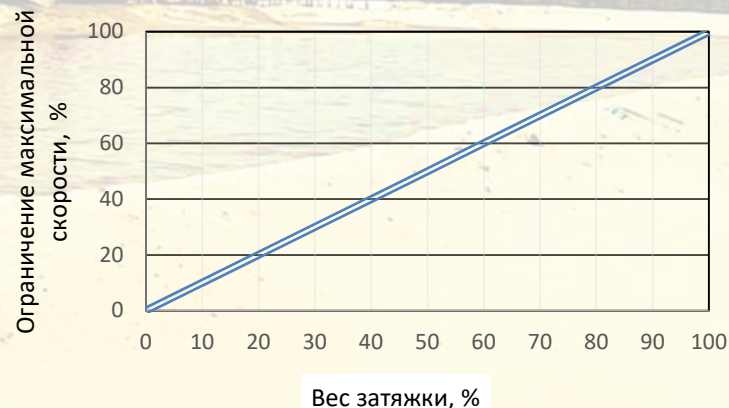
Алгоритм ограничения скорости в зависимости от веса на крюке

В целях минимизации аварийных остановок по превышению веса на крюке, внесены изменения в ПО: введён дополнительный уровень контроля веса на крюке – "превышение веса при затяжке", при достижении которого происходит остановка БЛ без применения аварийного торможения. Алгоритм предназначен для исключения повреждения бурового оборудования в процессе бурения при появлении затяжек при подъёме и как следствие увеличении веса, снижение ударных нагрузок на трансмиссию БЛ

- ✓ Вес затяжки используется АСУ для вычисления ограничения скорости лебёдки.
- ✓ Если текущее значение веса на крюке выше значения, полученного при взвешивании, то начинает действовать алгоритм контроля веса затяжки, чем больше измеренный вес заходит в зону контроля затяжки, приближаясь к максимальному значению, тем большее ограничение вводится на максимальную скорость лебёдки, полностью останавливая её в верхней границе диапазона.

Листинг программы, функционального блока

```
0008
0009 // Входное напряжение AC/DC частотника ABB основной лебёдки
0010 #Uabb_ad_ac_in := "eociv_vars".Uabb_ad_dc_in / 1.35;
0011
0012
0013 #Uabb_ad_ac_out := #Uabb_ad_ac_in * "consts".K_over_u_out; // # Максимальное выходное
0014 IF #Uabb_ad_ac_out > "consts".Uabb_ad_ac_nom
0015 THEN
0016   #Uabb_ad_ac_out := "consts".Uabb_ad_ac_nom; // Расчет безопасной скорости, ограничение от 0.05 до 0.24 м/с
0017 END_IF;
0018
0019 IF #Uabb_ad_ac_out < "consts".Uabb_ad_ac_down
0020 THEN
0021   #Uabb_ad_ac_out := 0;
0022 END_IF; // Если напряжение просело больше
0023
0024
0025 // Выходной текущий момент ЭД берем из параметра
0026 #Mad_ad_abb := ABS("input_vars".Mad_ad_abb_sc
0027 IF #Mad_ad_abb > "Torque_Aux_DW".Mad_abb_Max
0028 THEN
0029   "output_vars"."перезрузка AuxDW" := true;
0030 ELSE
0031   "output_vars"."перезрузка AuxDW" := false;
0032 END_IF;
0033
0034 #Mad_ad_nom := "ed".base_ad["ed".Mad_nom_Nm,
0035 #Mad_ad_real := #Mad_ad_nom * #Mad_ad_abb /
0036
0037 FOR #n := 1 TO 11 DO //n:=1:size(base_ad,
0038
0039   IF "ed".base_ad["ed".n_rpm, #n] > "consts".
0040   THEN
0041     #n_ad := "consts".RPMIn_rug_ad;
0042   ELSE
0043     #n_ad := "ed".base_ad["ed".n_rpm, #n]; //
0044   END_IF;
0045
0046   // фильтр веса, для сглаживания пиковых значений
0047   // фильтр низких частот DB 5 (turn on := true,
0048   #n_in_base := #n_ad / "consts".U_uq_ad; //
0049
0050   in := "DW_IN_HMI".HookLoad_Sensor.Val_Phys_Par,
0051   k := 0.3,
0052   T := 200,
0053   out => #tmp_sec;
0054
0055 // Проверка на аппаратное неисправность канала от датчика веса
0056 IF "DW_IN_HMI".HookLoad_Sensor.Status_Analog_Values <> 93 AND
```



ЭФФЕКТИВНОСТЬ. ИТОГИ.

Разработанный комплекс электронных средств безопасности и управления, позволяет обезопасить выполнение технологических операций при проводке скважины, путем своевременного предупреждения о возможной аварии, с последующей автоматической остановкой технологического процесса в случае игнорирования предупреждения персоналом, как следствие – снижение ошибочных действий, "человеческого фактора"



Экономическая эффективность от внедрения разработанных электронных средств безопасности и управления АСУТП достигается за счет:

- ✓ сокращение НПВ, финансовых потерь связанных с простоем буровых бригад;
- ✓ сохранения материально-технических ресурсов;
- ✓ повышения отказоустойчивости оборудования;
- ✓ повышения производительности труда – соблюдение технологических процессов;
- ✓ возможности масштабирования аппаратно-программного комплекса АСУ, наличие ресурсных возможностей для расширения функционала путем оптимизации действующих алгоритмов и ввода новых.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!