



Прогнозирование глубины начала образования АСПО

Нефтегазогеологическое районирование переходных зон

Методы снижения теплоизбытков в галереях нефтешахт

Совершенствование конструкции лопастного долота

Модель притока к горизонтальной скважине с МГРП

Видеосупервайзинг при строительстве скважин

Снижения потерь нефтепродуктов при хранении

Технология электробурения глубоких скважин

УДК 622.24

ВИДЕОСУПЕРВАЙЗИНГ БУРЕНИЯ СКВАЖИН

Кульчицкий В.В.¹ – доктор техн. наук, зам. зав. кафедрой по науке
Щебетов А.В.² – канд. техн. наук, генеральный директор

¹Российский государственный университет нефти и газа НИУ имени И.М. Губкина

²АО «НИПЦ ГНТ»

В условиях беспрецедентного дефицита кадров, задействованных в строительстве скважин, возрастает потребность в совмещении профессий. Создатели теории и практики бурового супервайзинга и геосупервайзинга развивают направление интегрирования смежных инженерных профессий посредством цифровых технологий [1-11].

Системные недостатки видеоконтроля станции геолого-технических исследований (ГТИ) объясняются использованием данного информационного ресурса на уровне контроля, а не мониторинга и низкой квалификацией операторов ГТИ по буровому супервайзингу, промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды (ПБОТОС) и, самое главное, отсутствием права представлять заказчика на буровом объекте. В итоге видеoinформация используется при контроле и расследовании уже случившихся осложнений, аварий, инцидентов и несчастных случаев.

Видеосупервайзинг – удаленный буровой супервайзинг интегрирован с цифровым видеомониторингом соблюдения требований нормативных документов (НД) на объектах в реальном времени и оперативным принятием решений по фиксации/локализации/недопущению нарушений, формированию ежесуточного автоматического отчета в электронном виде с последующей обработкой результатов аналитическими программами. Основной видеопоток информации на рабочее место видеосупервайзера с бурового объекта обеспечен маршрутизатором и каналобразующим оборудованием, центром хранения и обработки данных (ЦОД), сервером ретрансляции и предпросмотра, VPN-сервером и системой автоматического анализа изображений (рис. 1).

Пост видеосупервайзинга оснащен видео- и аудиоаппаратурой для связи с буровым супервайзером и громкоговорителем для оперативного

оповещения персонала на буровом объекте, подключен к серверу, непрерывно накапливающему и обрабатывающему видеoinформацию с видеокамер, установленных на буровом объекте. Видеосупервайзинг включает технические средства и гибкую систему видеоконтроля на объектах видеонаблюдения с возможностью записи, хранения и просмотра, автоматического распознавания нарушений и уведомления о последствиях невыполнения мер по предотвращению нарушений требований НД [2].



Рис. 1. Видеопотоки информации видеосупервайзинга

Видеосупервайзинг охватывает территорию погрузочно-разгрузочных работ (ПРР), приемные мостки и склад химических реагентов, роторную площадку, устье скважины, рабочее место бурильщика и верхового рабочего, блок приготовления бурового раствора (рис. 2).

Первый этап опытно-промышленных испытаний (ОПИ) видеосупервайзинга заключался в формировании видеопотоков на удаленное рабочее место инженера-супервайзера по ПБОТОС с функцией оператора цифрового видеомониторинга строительства скважин, т.е. видеосупервайзера.

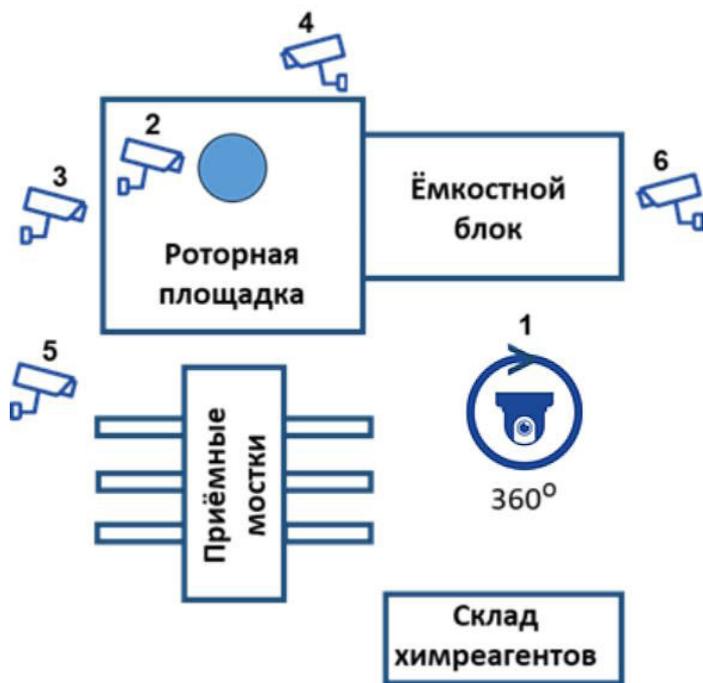


Рис. 2. Расположение видеокамер на буровом объекте:

1 – погрузочно-разгрузочные работы и склад химических реагентов; 2 – роторная площадка; 3 – устье скважины; 4 – рабочее место верхового рабочего; 5 – приемные мостки и стеллажи; 6 – блок приготовления бурового раствора

Видеоинформация использовалась для распознавания в режиме реального времени нарушений правил ПБОТОС с передачей сообщения/указания буровому супервайзеру и подрядчику на превентивное устранение нарушений с автоматизированным оформлением и рассылкой акта нарушения подрядчикам и заказчику.

Автоматизированное рабочее место (АРМ) видеосупервайзера оснащено программным обеспечением «Мастер актов и предписаний», включающим электронную библиотеку с регламентами, стандартами, федеральными и локальными НД, программу ежесуточной автоматической отчетности видеосупервайзера и актов внеплановой проверки, электронный журнал аналитический блок отчетности и рейтингования буровых бригад [2, 3].

Для определения эффективности работы буровых бригад с соблюдением правил ПБОТОС разработана аналитическая модель рейтингования в зависимости от особенностей выполняемых работ (высоты рабочего места, агрессивной воздушной среды, огневых работ, близости вращающихся и движущихся механизмов, такелажных работ и пр.). Предложено использовать показатель (ПТ) травмоопасности:

$$P_T = P_{ПРР} + P_{ПМ} + P_{ПХР} + P_{ПРТ} + P_{ПУС} + P_{ПБ} + P_{ПВР} + P_{ПБР} \quad (1)$$

где ППРР – ПТ территории ПРР;
 ППМ – ПТ приемных мостков;
 ПХР – ПТ склада химреагентов;
 ПРП – ПТ роторной площадки;
 ПУС – ПТ устья скважины;
 ПБ – ПТ рабочего места бурильщика;
 ПВР – ПТ рабочего места верхового рабочего;
 ПБР – ПТ блока приготовления бурового раствора.

Каждой группе нарушений ПБОТОС присвоен уровень травмоопасности от 0 (нетравмоопасно) до 100 (наибольшая травмоопасность), оцененный для каждого участка видеосупервайзинга. Участки отличаются специфическими рисками нарушений и травмоопасности. ОПИ показали, что основная доля нарушений приходится на 3 участка видеосупервайзинга: роторную площадку, территорию ПРР и приемные мостки (табл. 1).

Таблица 1. Нарушения на участках видеосупервайзинга

№ участка	Участок видеосупервайзинга	Нарушения	
		Количество	%
1	ПРР	220	32,8
2	Приемные мостки	138	20,6
3	Роторная площадка	249	37,1
4	Устье скважины	11	1,6
5	Рабочее место верхового рабочего	41	6,1
6	Блок приготовления бурового раствора	4	0,6
7	Склад химических реагентов	8	1,2

Для объективного сравнения статистических данных все нарушения требований правил ПБОТОС разделены на 4 категории: Охрана труда, Электробезопасность, Пожарная безопасность и Экология, включающие 14 групп (1.1. – 1.7; 2.1; 3.1 – 3.4 и 4.1– 4.2) (табл. 2).

Из таблицы 2 видно, что наибольшая доля нарушений приходится на три группы 1.3, 1.4 и 1.7, что составляет 80,8%. Прослеживается закономерность изменения количества нарушений в сутки с увеличением времени строительства скважин (рис. 3). По сравнению с первой скважиной, построенной за 16 суток, во второй скважине отмечено меньше нарушений на 14,2% при большей продолжительности строительства на 5 сут., в третьей – меньше нарушений на 41,1% при более длительном строительстве на 26 сут. (рис. 3).

Если основными причинами травматизма принять нарушения НД, то количество несчастных случаев Т можно рассчитать по формуле:

$$T = K_{чн} \times N_{нар} / 1000 \quad (2)$$

где $K_{чн}$ – коэффициент частоты травматизма (количество несчастных случаев на 1000 нарушений);
 $N_{нар}$ – количество нарушений.

Таблица 2. Нарушения правил ПБОТОС по категориям

Категории и группы нарушений требований ПБОТОС	Номер скважин			Всего нарушений
	1	2	3	
	Время видеосупервайзинга, сут			
	16	21	42	
1. Охрана труда				
Всего нарушений	189	205	301	695
Среднее количество нарушений/сут.	11,81	9,76	7,17	8,80
1.1. Неприменение СИЗ на производственной площадке, в т.ч. неправильное применение СИЗ	1,19	0,90	0,09	0,53
1.2. Неприменение СИЗ при проведении работ повышенной опасности	0,69	0,81	0,19	0,46
1.3. Нахождение персонала в опасной зоне	41	53	48	142
	2,56	2,52	1,14	1,80
1.4. Риск спотыкания, падения	28	49	86	163
	1,75	2,33	2,05	2,06
1.5. Отсутствие приспособлений для работы, использование приспособлений и оборудования заводского изготовления	11	16	14	41
	0,69	0,76	0,33	0,52
1.6. Не проведена проверка технического состояния оборудования, инструмента, КИП, блокировок, предохранительных устройств, исправность инструмента при приеме/передаче вахты/смены	2	2	0	4
	0,13	0,10	0	0,05
1.7. Небезопасное проведение работ при помощи подъемных сооружений	77	68	141	286
	4,81	3,24	3,36	3,62
2. Электробезопасность				
Всего нарушений	1	0	0	1
Среднее количество нарушений/сут.	0,06	0	0	0,01
2.1. Прокладка кабеля по крыше вагончика на расстоянии от края менее 0,5 м	1	0	0	1
	0,06	0	0	
3. Пожарная безопасность				
Всего нарушений	7	2	6	15
Среднее количество нарушений/сут.	0,44	0,10	0,14	0,19
3.1. Небезопасное проведение огневых работ	4	2	5	11
	0,25	0,1	0,12	0,14
3.2. Допускается курение в неустановленных местах	1	0	1	2
	0,06	0	0	0,02
3.3. Допускается размещение ТС, не задействованных в производственном процессе, на территории ОПО	1	0	0	1
	0,06	0	0	0,01
3.4. Заземление автоцистерны не применяется при выполнении сливноналивных операций с нефтепродуктами	1	0	0	1
	0,06	0	0	0,01
4. Экология				
Всего нарушений	5	0	1	6
Среднее количество нарушений/сут.	0,31	0	0,02	0,08
4.1. Хранение, складирование химреагентов и труб	4	0	1	5
	0,25	0	0,02	0,06
	1	0	0	1
4.2. Не организован сбор и вывоз ТБО	0,06	0	0	0,01
Всего нарушений	199	224	308	731

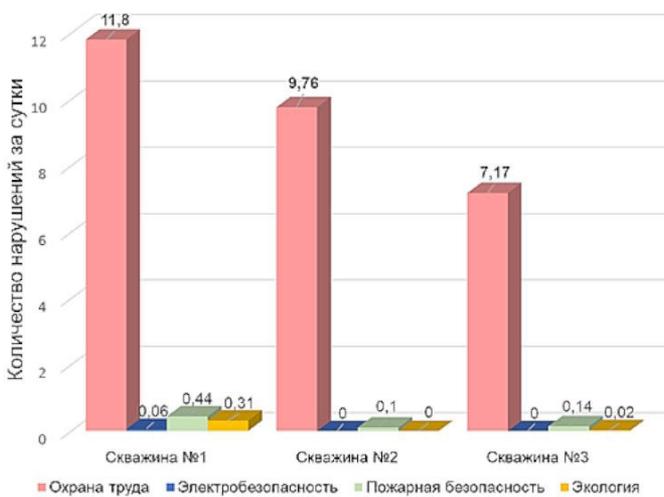


Рис. 3. Изменение количества нарушений в сутки от длительности строительства скважин

Если в одной бригаде прогнозируется 3000 нарушений в год, то при Кчн = 1 (одна травма/1000 нарушений) существует большая вероятность 3-х травм.

Важнейшая обязанность видеосупервайзера заключается в выявлении и фиксации нарушений с оперативной в реальном времени координацией прибытия бурового супервайзера и представителя подрядчика (бурового мастера, инженера) на место нарушения для локализации опасности работы персонала и подписания Акта нарушения. Снижение количества нарушений и их повторов обеспечивается циклической последовательностью действий видеосупервайзера (рис. 4).



Рис. 4. Изменение количества нарушений в сутки от длительности строительства скважин

Видеосупервайзер (ВС) – инженер по ПБОТОС с функцией оператора цифрового видеомониторинга бурения скважин в режиме реального времени передает сообщение буровому супервайзеру и подрядчикам о факте нарушения требований ПБОТОС в строгом соответствии с НД и даёт указания на его исправление. Взаимодействие видеосупервайзера с буровыми супервайзером и рабочим персоналом на основе АРМ представлено на рисунке 4. В режиме 24/7 видеосупервайзер отслеживает видеoinформацию, поступающую с видеокамер на шести участках повышенной опасности, и при фиксации нарушения оповещает рабочий персонал по громкоговорителю с одновременным автоматическим уведомлением бурового супервайзера и бурового мастера. Буровой супервайзер/буровой мастер проводит инструктаж нарушителя по зафиксированному факту нарушения (рис. 5).

Заключение

1. Видеосупервайзинг показывает высокую эффективность нового вида услуг, совмещающего супервайзинг соблюдения требований ПБОТОС и видеоконтроль бурового объекта.

2. Эффективность видеосупервайзинга обеспечивается:

- дополнительной инструментальной и программной оснащённостью и объективностью информационных источников;
- целевым/точечным выбором участков супервайзинга;
- ускорением времени прибытия бурового супервайзера и представителя подрядчика на место нарушения и пресечением развития нарушения в негативное событие;
- оперативным оповещением о потенциально-опасном действии на объекте посредством громкоговорителя;
- автоматизированным оформлением акта нарушения и формированием базы данных с историей каждого нарушения;
- базой знаний по рейтингованию буровых бригад.

3. При дальнейшем развитии видеосупервайзинга требуются новые подходы к организации бурового супервайзинга:

- анализ изображений;
- масштабирование видеосупервайзинга на технологические операции бурения;
- встраивание видеосупервайзинга в действующую структуру управления бурением скважин для поддержки принятия решений;
- использование аналитической модели рейтингования буровых бригад для мотивации соблюдения требований ПБОТОС.

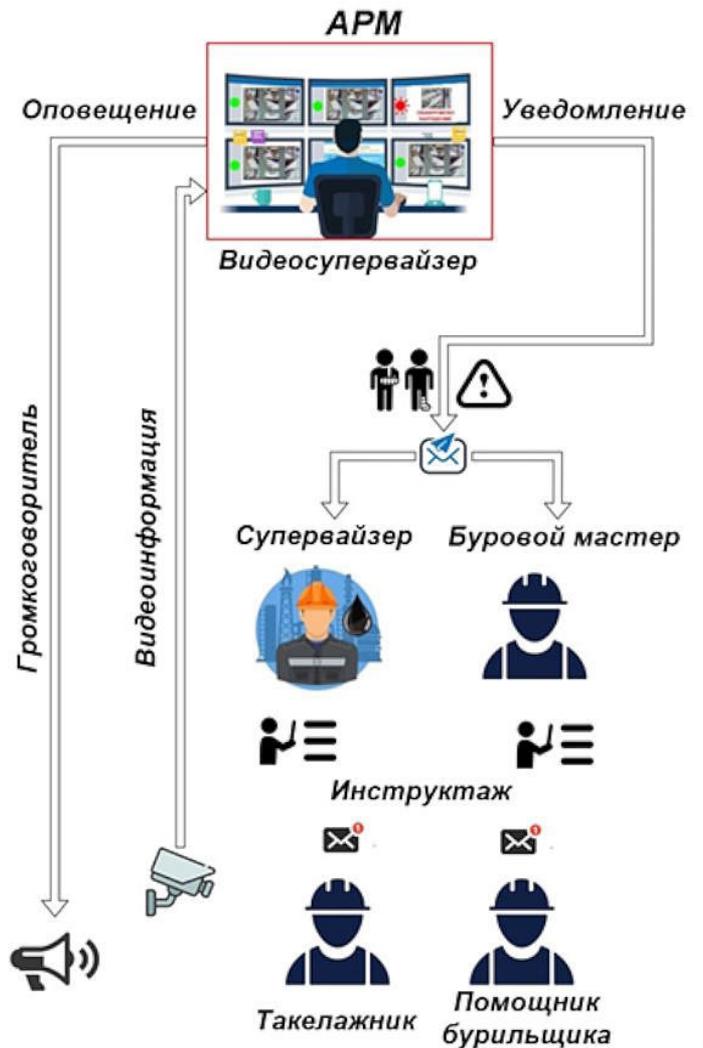


Рис. 5. Взаимодействие видеосупервайзера с буровым супервайзером и подрядчиками

ЛИТЕРАТУРА

1. Профессиональный стандарт «Буровой супервайзер в нефтегазовой отрасли». Министерство труда и соцзащиты РФ. 14.12.2014.
2. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В., Насери Я. и др. Программа для ЭВМ «Видеосупервайзинг состояния промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды при строительстве и реконструкции скважин». Свидетельство Роспатента № 2024616360 от 19.03.2024.
3. Щебетов А.В., Кульчицкий В.В., Александров В.Л. и др. Программа для ЭВМ «Мастер актов и предписаний». Свидетельство Роспатента № 2020663487 от 28.10.2020.
4. Кульчицкий В.В., Пархоменко А.К., Щебетов А.В. и др. Адаптивная система управления бурением скважин на базе единой цифровой платформы. Патент на изобретение № 2703576. Приоритет от 18.01.2019.
5. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В. Геосупервайзинг нефтяных и газовых скважин. // Бурение и нефть. - М.: ООО «Бурнефть», 2016. - № 9. - С. 38-41.
6. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В., Пархоменко и др. Аппаратно-программный комплекс геосупервайзинга бурения и внутрискважинных работ. // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. - М.: Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. Губкина, 2017. - № 2. - С. 55-59.
7. Кульчицкий В.В. Буровой супервайзинг. Учебное пособие. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2018. - 307 с.
8. Щебетов А.В. Геосупервайзинг: тернистый путь одной инновации. // ROGTEC. 2018. Выпуск 54. - С. 74-83.
9. Кульчицкий В.В. Супервайзинг строительства нефтяных и газовых скважин. Производственно-практическое издание. - М.: Вече, 2019. - 367 с.
10. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В., Чернобай Д.Н. и др. Цифровой геосупервайзинг бурения оптимизированного дизайна скважин. // Нефтяное хозяйство. - М.: ЗАО «Издательство «Нефтяное хозяйство», 2019. - № 3. - С. 50-52.
11. Кульчицкий В.В., Щебетов А.В. Цифровой супервайзинг бурения и ремонта скважин. - М.: Вече, 2021. - 368 с.

REFERENCES

1. Professional'nyj standart «Burovoj supervajzer v neftegazovoj otrasli». Ministerstvo truda i soczashchity RF. 14.12.2014.
2. Kul'chickij V.V., Shchebetov A.V., Naseri YA. i dr. Programma dlya EVM «Videosupervajzing sostoyaniya promyshlennoj bezopasnosti, ohrany truda i okruzhayushchej sredy pri stroitel'stve i rekonstrukcii skvazhin». Svidetel'stvo Rospatenta № 2024616360 ot 19.03.2024.
3. Shchebetov A.V., Kul'chickij V.V., Aleksandrov V.L. i dr. Programma dlya EVM «Master aktov i predpisanij». Svidetel'stvo Rospatenta № 2020663487 ot 28.10.2020.
4. Kul'chickij V.V., Parhomenko A.K., Shchebetov A.V. i dr. Adaptivnaya sistema upravleniya bureniem skvazhin na baze edinoj cifrovoj platformy. Patent na izobretenie № 2703576. Prioritet ot 18.01.2019.
5. Kul'chickij V.V., Shchebetov A.V. Geosupervajzing neftyanyh i gazovyh skvazhin. // Burenie i nef't'. - M.: LLC «Burneft'», 2016. - № 9. - p. 38-41.
6. Kul'chickij V.V., Shchebetov A.V., Parhomenko i dr. Apparatno-programmnyj kompleks geosupervajzinga bureniya i vnutriskvazhinnyh robot. // Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa. - M.: Rossijskij gosudarstvennyj universitet nef'ti i gaza (NIU) im. Gubkina, 2017. - № 2. - p. 55-59.
7. Kul'chickij V.V. Burovoj supervajzing. Uchebnoe posobie. - M.: Izdatel'skij centr RGU nef'ti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2018. - 307 p.
8. Shchebetov A.V. Geosupervajzing: ternistyj put' odnoj innovacii. // ROGTES. 2018. Vypusk 54. p. 74-83.
9. Kul'chickij V.V. Supervajzing stroitel'stva neftyanyh i gazovyh skvazhin. Proizvodstvenno-prakticheskoe izdanie. M.: Veche, 2019. - 367 p.
10. Kul'chickij V.V., Shchebetov A.V., Chernobaj D.N. i dr. Cifrovoj geosupervajzing bureniya optimizirovannogo dizajna skvazhin. // Neftyanoje hozyajstvo. - M.: CJSC «Izdatel'stvo «Neftyanoje hozyajstvo», 2019. - № 3. - p. 50-52.
11. Kul'chickij V.V., Shchebetov A.V. Cifrovoj supervajzing bureniya i remonta skvazhin. M.: Veche, 2021. - 368 p.

