



SATBAYEV  
UNIVERSITY

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К.И.САТПАЕВА

ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
ИМЕНИ О.А.БАЙКОНУРОВА

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И  
ОБОРУДОВАНИЕ



ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой  
канд.техн.наук, асоц.проф.

 К.К.Елемесов

«14» 05 2019 г.

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему: “Модернизация БУ5000/320 – ЭК – БМ буровой установки”

Специальность: 5В072400 – Технологические машины и оборудование  
нефтегазовой отрасли

Выполнил выпускник

Кубашев А.Ж. 

Научный руководитель

Лектор кафедры ТМиО  Р.В Даурова  
«13» мая 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева

Горно-металлургический институт имени О.А. Байконурова  
Кафедра Технологические машины и оборудование

5B072400 – Технологические машины и оборудование



**ЗАДАНИЕ**

На выполнение дипломной работы

Обучающегося Кубашев Арыстан Жанбулатович

Тема работы Модернизация БУ5000/320 – ЭК – БМ буровой установки

Утверждено приказом по Вузу № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта 10.05.2019 г.

Исходные данные к работе данные Казахский Национальный  
Исследовательский Технический Университет имени К.И.Сатпаева

Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих  
разработке вопросов) в соответствии с МУ по выполнению дипломной  
работы для студентов специальности 5B072400 – Технологические Машины  
и Оборудование (по отраслям)

## **АННОТАЦИЯ**

Дипломная работа состоит из пояснительной записки на 35 листов и графической части на 6 листах формата А1.

Моя дипломная работа, посвящена теме: “Модернизация БУ5000/320 – ЭК – БМ буровой установки”, выполненная по задаче, который дал руководитель дипломной работы кафедры “Технологические машины и оборудование”

Целью дипломной работы является модернизация вышки “М45/335 – Р”. Именно уменьшение ее металлоемкости и замена метода дефектоскопии на более усовершенствованный метод неразрушающего контроля. Модернизация важна, так как снижается стоимость данной вышки, что поможет нам сохранить основные показатели по работоспособности вышки.

## **ANNOTATION**

The thesis work consists of an explanatory note on 35 sheets and the graphic part on 6 sheets of A1 format.

My thesis is devoted to the topic: “Modernization of the BU5000 / 320 - EK - BM drilling rig”, performed according to the task given by the head of the thesis work of the department “Technological Machines and Equipment” The aim of the thesis is the modernization of the tower “M45 / 335 - P”. It is the reduction of its metal consumption and the replacement of the flaw detection method with a more advanced non-destructive testing method. Modernization is important, as the cost of this tower decreases, which will help us to maintain the main indicators of the tower's performance.

## **АНДАТПА**

Диссертациялық жұмыс 35 парақта түсіндірме жазбадан және А1 форматындағы 6 парақтан тұратын графикалық бөлімнен тұрады.

Диплом тақырыбы «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының диссертациялық жұмысының жетекшісімен берілген «БУ5000 / 320 - ЕК - ВМ бұрғылау қондырғысын жаңғырту» тақырыбына арналды.

Диссертацияның мақсаты - «М45 / 335 - Р» мұнарасын жаңғырту. Бұл металды тұтынуды төмендету және кемшіліктерді анықтау әдісін неғұрлым жетілдірілген бұзбай бақылау әдісімен ауыстыру. Жаңғырту маңызды, өйткені мұнараның құны төмендейді, мұнара мұнарасының қызметінің негізгі көрсеткіштерін сақтауға көмектеседі.

## СОДЕРЖАНИЕ

|      |                                                 |    |
|------|-------------------------------------------------|----|
|      | Введение                                        | 4  |
| 1    | Общие сведения о буровых установках             | 5  |
| 2    | Требования предъявляемые к буровым установкам   | 6  |
| 3    | Общие сведения о вышках                         | 8  |
| 4    | Устройство вышек                                | 11 |
| 5    | Выбор параметров вышки                          | 12 |
| 6    | Диагностика технического состояния оборудования | 14 |
| 7    | Патентная проработка                            | 15 |
| 8    | Дефектоскопия. Замена метода дефектоскопии      | 18 |
| 9    | Уменьшение металлоемкости вышки                 | 19 |
| 10   | Применение антикоррозионного покрытия           | 20 |
| 11   | Расчет несущей способности вышки                | 21 |
| 12   | Безопасность проекта                            | 29 |
| 12.1 | Травмобезопасность                              | 30 |
| 13   | Экономическая часть                             | 31 |
|      | Заключение                                      | 34 |
|      | Список использованных источников                | 35 |

## ВВЕДЕНИЕ

Мировая история развития бурения начала свой отсчет еще до начала нашей эры. Первые скважины, созданные человеком, были сооружены больше двух тысячелетий назад в Китае – около 600 года до н.э. Целью их создания было получение солевых растворов из глубоких слоев почвы. Удивительно, но эти скважины уходили до 900 метров вглубь, а их диаметр составлял 12-15 сантиметров.

Нередко при производстве таких скважин обнаруживали нефтяные и газовые месторождения. Исторические материалы сообщают даже о прецеденте использования обнаруженного природного газа для выпаривания соли около 221-263 годов нашей эры в Сычуане.

### История развития бурения

Точных сведений о технике бурения не сохранилось, но по косвенным признакам – изображениям на барельефах, вышивках и картинах — самым первым методом бурения, который как раз и применяли китайские рабочие, был ударно-канатный способ. Роль долота выполняли штанги из бамбука, которые поднимались и опускались при помощи канатов из индийского тростника.

Знаковым годом для истории бурового дела стал и 1126 год, когда впервые во Франции, в местечке Артуа, была пробурена скважина на воду. Именно это событие определило последующее наименование всех скважин с напорной водой – нам они известны как артезианские.

Однако одна из важнейших тенденций, которая сказалась на всей последующей истории бурения и развития технологий, представляла собой активное развитие нефтедобывающей промышленности. При попытке найти солевые растворы в Кентукки буровая бригада случайно наткнулась на месторождение нефти, что и послужило точкой отсчета для нового вида бурения – с целью получения нефти.

Первый проект нефтяной скважины был предложен американцем Дрейком в 1859 году, тогда же и была сооружена первая скважина такого типа в штате Пенсильвания. Месторождение было обнаружено спустя 2 месяца после начала работ всего в 20 метрах от поверхности земли. А уже в 1899 в первом разрабатываемом в Казахстане месторождении Карашунгул был получен первый нефтяной фонтан, с которого и началась история казахстанской нефти.

С начала 60-х годов XX века началась новая веха в истории бурового дела, когда научные изыскания в области глубинного строения планеты потребовали проведения сверхглубокого бурения.

В каких направлениях будет развиваться буровое дело в Казахстане и в мире в ближайшие десятилетия покажет время. Бесспорным остается тот факт, что с каждым днем технологии совершенствуются, и скорость их развития непрерывно растет.

## **1 Общие сведения о буровых установках**

Буровая установка — это комплекс буровых машин, механизмов и оборудования, смонтированный на точке бурения и обеспечивающий с помощью бурового инструмента самостоятельное выполнение технологических операций. Современные буровые установки подразделяются на следующие составные части:

1. Буровое оборудование (талевый механизм, насосы, лебедка, вертлюг, ротор, привод, топливо-масло установка, дизель-электрические станции, пневмосистема);
2. Буровые сооружения (вышка, основания, сборно-разборные каркасы, панельные укрытия);
3. Оборудование для механизации трудоемких работ (регулятор подачи долота, механизмы для автоматизации спуско - подъемных операций, пневматический клиновой захват для труб, автоматический буровой ключ, вспомогательная лебедка, пневмораскрепитель, краны для ремонтных работ, пульт контроля процессов бурения, посты управления);
4. Оборудование для приготовления, очистки и регенерации промывочного раствора (блок приготовления, вибросита, песко- и глиноотделители, подпорные насосы, емкости для химических реагентов, воды и промывочного раствора);
5. Манифольд (нагнетательная линия в блочном исполнении, дроссельно-запорные устройства, буровой рукав);
6. Устройства для обогрева блоков буровой установки (теплогенераторы, отопительные радиаторы и коммуникации для разводки теплоносителя).

## 2 Требования предъявляемые к буровым установкам

Требования предъявляемые к буровым установкам, определяются условиями бурения и показателями, характеризующими уровень их технического совершенства. Из числа факторов, определяющих условия бурения, в первую очередь следует учитывать: природно-климатические и геологические; отдаленность от ремонтных баз и источников энергии; частоту перемещения на новые точки бурения; загазованность окружающей среды, загрязненность рабочих мест промывочным раствором; необходимость обеспечения бесперебойного процесса бурения для устранения возможных осложнений в стволе скважины; высокую абразивность и коррозионную активность промывочного раствора; стесненность рабочих мест и др.

Требования к буровым установкам разделяются на технические, эксплуатационные, технологические, экономические, социальные и специальные.

Технические требования заключаются в том, чтобы конструкция буровой установки отвечала новейшим достижениям науки и техники, а ее параметры соответствовали мировым стандартам и требованиям современной технологии бурения. Машины и оборудование, входящие в состав буровой установки, должны иметь высокий коэффициент полезного действия (к. п. д.), достаточную прочность, надежность и долговечность.

Эксплуатационные требования исходят из того, что в процессе эксплуатации работоспособность буровой установки будет поддерживаться проведением технического обслуживания и ремонтов. С этой целью необходимо обеспечить высокую ремонтпригодность буровой установки, т. е. доступность ее агрегатов для технического обслуживания и ремонта, возможность контроля технического состояния и замены быстроизнашивающихся узлов и деталей.

Технологические требования связаны с материальными и трудовыми затратами на изготовление буровых установок. К ним относятся:

1. Простота конструкции машин, достигаемая максимальным упрощением их структурной схемы;
2. Простота форм деталей, рациональный выбор материала и способа получения заготовок с целью экономии материала;
3. Оптимальные точность изготовления и шероховатость поверхности, уменьшение размеров обрабатываемых поверхностей;
4. Правильный выбор допусков и посадок, обеспечивающий взаимодействие деталей, взаимозаменяемость, соблюдение их размера для устранения подгоночных работ при сборке;
5. Максимальное использование стандартных и унифицированных узлов и деталей;
6. Уменьшение номенклатуры режущего и крепежного инструментов, используемых при механической обработке и сборке.

Экономические требования связаны с необходимостью обеспечения минимальных производственных и эксплуатационных расходов, определяющих эффективность буровой установки. В сфере производства экономические требования удовлетворяются технологичностью конструкций, позволяющей при заданном объеме выпуска и конкретных производственных возможностях изготовить машину при наибольшей производительности труда и наименьшей себестоимости. Важное экономическое требование— экономия металла и других материалов путем снижения материалоемкости машин и оборудования. К эксплуатационным экономическим показателям относятся производительность механического бурения и спуско-подъемных операций, время, затрачиваемое на подготовительно-заключительные, вспомогательные и ремонтные работы.

К социальным требованиям относятся безопасность работы, легкость управления и обеспечение нормальных условий труда для обслуживающего персонала. Социальные требования должны рассматриваться как обязательные, так как условия работы буровиков относятся к тяжелым и опасным. Требования безопасности к конструкции бурового оборудования регламентируются ГОСТ 12.2.041—79.

Специальные требования связаны с условиями работы буровых установок. Компонентные схемы и габариты буровых машин и всей установки выбираются с учетом удобств управления и обслуживания, а также ограничений в занимаемой площади, что особенно важно для работы в море и на пересеченной местности. Массы буровых машин должны соответствовать грузоподъемности промысловых кранов и транспортных средств. Буровая установка должна разбираться на транспортабельные и легко демонтируемые узлы. Электрооборудование должно иметь взрывобезопасное исполнение.

### 3 Общие сведения о вышках

Буровая вышка- сооружение над устьем скважины, предназначенное для установки талевого механизма и средств механизации спускоподъемных операций и для размещения свечей бурильных труб.

Функции буровых вышек:

- выполнение спускоподъемных операций (СПО) с бурильными и обсадными трубами;
- поддержание необходимой осевой нагрузки на долото путем разгрузки веса бурильной колонны в процессе бурения;
- размещение комплектов бурильных и УБТ, извлеченных из скважины;
- размещение талевой системы и средств механизации СПО (АСП, КМСП); платформы верхового рабочего и устройства срочной его эвакуации;
- системы верхнего привода и вспомогательного оборудования.

Классификация буровых вышек:

- по назначению: различают вышки для агрегатов капитального ремонта скважин, для передвижных (мобильных) буровых установок, для кустовых и стационарных, для морских буровых установок;
- по конструкции - мачтовые и башенные. Мачтовые в свою очередь делятся на А-образные, П - образные, 4-хопорные и с открытой передней гранью. Башенные вышки могут быть ферменного (ноги в виде сварных ферм с жесткими или гибкими решетками) или пилонного (ноги из труб большого диаметра) типов. В последнее время выпускаются, в основном, мачтовые буровые вышки, обладающие более высокой монтажеспособностью, чем башенные.

Основные требования к конструкции вышки.

Основными критериями, определяющими конструктивное исполнение вышек, являются безопасность, монтажеспособность, транспортабельность и экономичность. Требования к вышкам регламентируются ГОСТ 12.2.041 -79 и заключаются в следующем:

- конструкция и крепление вышки к основанию или фундаменту должны обеспечить надежность и безопасность ее эксплуатации при отсутствии оттяжек;
- в конструкции вышки должны быть предусмотрены кронблочная, верхняя рабочая и переходные площадки с маршевыми лестницами и стремянками от пола буровой до кронблока;
- верхняя площадка должна быть оборудована передвижной люлькой для рабочего, занятого установкой бурильных свечей при СПО;
- козлы для замены кронблока и монтажный ролик на верхнем основании вышки рассчитываются на подъем 1,5-кратной массы кронблока;
- геометрические формы вышки и ее отдельных элементов должны обладать минимальными аэродинамическими сопротивлениями с целью снижения аэродинамических нагрузок.

В новых правилах безопасности эксплуатации вышек предусмотрено требование обеспечения экстренной эвакуации рабочего с верхней площадки

в случае возникновения аварийной ситуации. Новые вышки ОАО «Уралмаш-Буровое оборудование», сертифицированные по стандартам API, оснащены для таких случаев специальным эвакуатором.

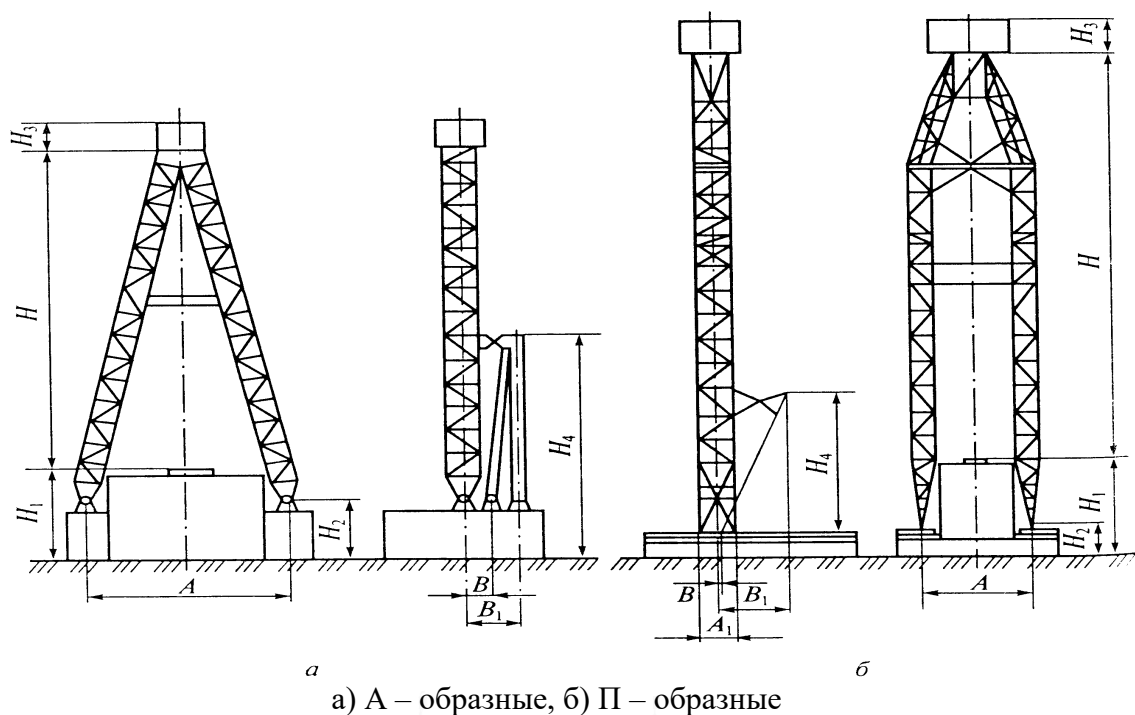


Рисунок – 1 Буровые вышки мачтовые

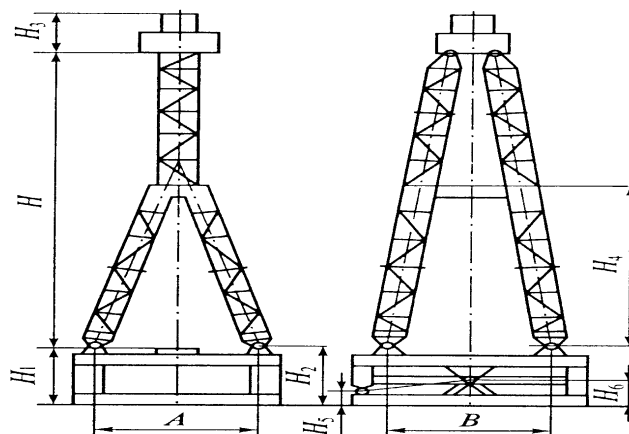


Рисунок – 2 Вышка мачтовая четырех опорная.

**Таблица 1 - Технические характеристики вышек ОАО “Уралмаш – буровое оборудование”**

| Показатели                                                 | А-образные                            |               |               | П-образн.           | 4-х опорные   |               |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|
|                                                            | ВМА45х200                             | ВМР 45х200    | ВМ45 х320*    | ВМП45 х320          | ВУ45 х400     | ВУ45 х500     |
| Допускаемая нагрузка на крюке /нагрузка при испытании , кН | 2000/2400                             | 2000/2400     | 3200/3840     | 3200/3840           | 4000/4800     | 5000/6000     |
| Рабочая высота, м                                          | 45                                    | 45            | 45            | 45                  | 45            | 45            |
| Расстояние между ногами, м                                 | 10,3                                  | 10,3          | 10,3          | 2,6х10,3            | 11х8          | 11х8          |
| Диаметр и толщина трубы, мм                                | 140х8                                 | 140х8         | 140х14        | -                   | -             | -             |
| Профиль уголка, мм                                         | -                                     | -             | -             | 200х200х17          | 250х250х16    | 250х250х16    |
| Число секций                                               | 8                                     | 8             | 8             | 8                   | 12            | 12            |
| Соединение секций                                          | Пальцевое                             |               |               | Фланцевое на болтах |               |               |
| Длина секций, м                                            | 11940                                 | 11940         | 11940         | 11900-12750         | 12895-9925    | 12865-9925    |
| Габариты сечения ноги, мм                                  | 1640х2440                             | 1640х2440     | 1640х2440     | 1800х3000           | 1840х2340     | 1840х2340     |
| Размеры, мм:                                               |                                       |               |               |                     |               |               |
| Н                                                          | 44800                                 | 44800         | 44800         | 44800               | 44800         | 44800         |
| Н <sub>1</sub>                                             | 6200                                  | 7200          | 8200          | 8200                | 8200          | 10200         |
| Н <sub>2</sub>                                             | 3550                                  | 4750          | 5300          | 2400                | 8300          | 10300         |
| Н <sub>3</sub>                                             | 4600                                  | 4600          | 4600          | 4100                | 5000          | 5000          |
| Н <sub>4</sub>                                             | 16750                                 | 17250         | 17750         | 17350               | 20000         | 20000         |
| Н <sub>5</sub>                                             | -                                     | -             | -             | -                   | 1600          | 1900          |
| Н <sub>6</sub>                                             | -                                     | -             | -             | -                   | 4136          | 4950          |
| А                                                          | 10300                                 | 10300         | 10300         | 10300               | 8000          | 8000          |
| В                                                          | 620                                   | 650           | 630           | 250                 | 11000         | 11000         |
| В <sub>1</sub>                                             | 9880                                  | 9635          | 4450          | 5250                | -             | -             |
| Масса кг: секции (максимальная) вышки                      | 3795<br>36290                         | 3483<br>30766 | 4475<br>41050 | 5250<br>69450       | 6400<br>63000 | 6400<br>63000 |
| Система подъема вышки                                      | Буровой лебедкой с помощью полиспаста |               |               |                     |               |               |

#### 4 Устройство вышек

Основными составляющими мачты являются ноги из 3-5 секций, выполненных сваркой в виде ферм из труб или балок открытого прокатного профиля. Ноги вышки изготавливаются с треугольным, четырехугольным или с кольцевым сечением. Наибольшее сопротивление изгибу и кручению имеют вышки с 4-хугольным сечением ног, но они обладают большей материалоемкостью.

Секции ног стыкуются между собой фланцевыми соединениями или полухомутами. Верхние секции соединены с подкронблочной рамой проушинами, нижние секции ног соединены шарнирно с опорой, центрирующей вышку относительно оси ротора. Подкосы с помощью проушин соединяются с ногами вышки и башмаками, установленными на основании вышки.

Балкон для второго помощника бурильщика и магазин для свечей крепятся к ногам вышки посредством кронштейнов. Размеры балкона и его элементов должны соответствовать требованиям безопасности ГОСТ. Внутри ног вышки располагают стояк манифольда буровых насосов, площадку для обслуживания бурового рукава и лестницы туннельного типа. До балкона можно подняться по маршевым лестницам, монтируемым на гранях одной из ног.

Сборка мачтовых вышек производится на специально подготовленной площадке. В вертикальное положение вышку поднимают с помощью стрелы и блоков канатно-полиспастной системы, соединяемой с барабаном буровой лебедки или трактора - подъемника. Буровые установки универсальной монтажеспособности имеют специальный подъемный механизм в виде П-образной рамы с двумя подкосами и полиспастом. При подъеме вышки с помощью этого механизма используется буровая лебедка, приводимая от регулятора подачи долота. Вышка в рабочем положении крепится к

подкосам, обеспечивающим ее устойчивость при эксплуатации.

При подъеме бурильной свечи из скважины ее нижний конец устанавливают на подсвечник, а верхний конец заводят в магазин и свеча упирается на палец, изготовленный из толстостенной трубы и имеющей предохранительную шарнирную головку.

## 5 Выбор параметров вышки

Грузоподъемность вышки определяется по типу выбранной буровой установки, исходя из допускаемой нагрузки при заданной кратности талевого механизма.

Геометрические параметры определяются из следующих соображений:

1. Полезная высота вышки  $H$  – расстояние от пола буровой до нижней плоскости подкронблочной рамы:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (1)$$

где  $h_1$  – расстояние от пола буровой до нижнего конца подвешенной свечи, включает высоту ротора, элеватора, муфты замка трубы, удерживаемой ротором и просвет между муфтой трубы и ниппелем подвешенной свечи,  $h_1 = 1,2 \dots 1,5$  м;

$h_2$  – длина свечи, м в зависимости от типа буровой установки может быть принята 18, 25, 27 и 36 м;

$h_3$  – суммарная длина штропов, крюка, талевого блока,  $h \approx 7 \dots 8$  м;

$h_4$  – запас высоты между кронблоком и крайней верхней точкой талевого блока для предотвращения затаскивания его на кронблок, ориентировочно принимается равным 7 м.

Различают еще конструктивную высоту вышки – расстояние от опоры вышки до верхней площадки подкронблочной рамы. Она совпадает с полезной высотой, если опоры располагаются на полу буровой.

2. Высота расположения балкона:

$$H_{\text{б}} = l_{\text{св}} \cos \alpha + h_n + \Delta h \quad (2)$$

где  $l_{\text{св}}$  – длина свечи, м;  $\alpha$  – угол наклона свечи к вертикали,  $\alpha = 2^\circ \dots 4^\circ$ ;

$h_n = 0,5$  м – высота подсвечника;  $\Delta h$  – расстояние от верхнего конца свечи до пола люльки, м.

3. Высота расположения балкона:

$$H_{\text{б}} = l_{\text{св}} \cos \alpha + h_n + \Delta h \quad (3)$$

где  $l_{\text{св}}$  – длина свечи, м;

$\alpha$  – угол наклона свечи к вертикали,  $\alpha = 2^\circ \dots 4^\circ$ ;

$h_n = 0,5$  м – высота подсвечника;  $\Delta h$  – расстояние от верхнего конца свечи до пола люльки, м.

4. Технический уровень буровых вышек можно оценить по материалоемкости, выражаемой удельной массой:

$$m_o = \frac{M_{\text{выш.}}}{G_{\text{выш.}} H} \quad (4)$$

где  $M_{выш}$  – масса вышки, кг;  
 $G_{выш}$  – грузоподъемность вышки, кг.

Буровые вышки при расчетах оцениваются двумя предельными состояниями:

- по потере несущей способности при нагрузках, вызывающих разрушение или потерю устойчивости вышки;
- по деформации, при достижении которой вышка становится непригодной к эксплуатации, сохраняя при этом прочность и устойчивость.

Расчет вышки при этом рекомендуют вести по наиболее опасным сочетаниям нагрузок в рабочем и нерабочем состояниях. Расчетными сочетаниями являются:

а) для рабочего состояния – при спуске обсадной колонны, когда нагрузка на крюке равна допустимой, за пальцем установлен полный комплект бурильных труб, а скоростной напор ветра достиг наибольшего значения (для рабочего состояния  $q=250$  Па);

б) для нерабочего состояния - полный комплект свечей бурильных труб установлен за палец, крюк разгружен, скоростной напор ветра равен  $q=700$  Па.

Для решения задачи рекомендуется воспользоваться условием сохранения несущей способности по прочности:

$$\sum N_i n \leq F R_K \quad (5)$$

где  $\sum N_i n$  – суммарное усилие в отдельных элементах вышки от действующих постоянных, эксплуатационных и ветровых нагрузок с учетом перегрузок, характеризуемых коэффициентами  $n_i$ , принимаемыми равными 1,1..1,2 в зависимости от состояния;

$K_c$ - коэффициент состояния;

$F$  – площадь поперечного сечения рассчитываемого элемента вышки;

$m$  – коэффициент, учитывающий условия работы вышки, принимается в пределах  $m=0,75-0,95$  в зависимости от вида элемента и места его расположения в вышке.

## **6 Диагностика технического состояния оборудования**

Диагностика - отрасль науки, изучающая и устанавливающая признаки состояния системы, а также методы, принципы и средства, при помощи которых дается заключение о характере и существовании дефектов системы без ее разборки и производится прогнозирование ресурса системы.

Техническая диагностика машин представляет систему методов и средств, применяемых при определении технического состояния машины без ее разборки. При помощи технической диагностики можно определять состояния отдельных деталей и сборочных единиц машин, производить поиск дефектов, вызвавших остановку или ненормальную работу машины.

На основе полученных при диагностике данных о характере разрушения деталей и сборочных единиц машины в зависимости от времени ее работы техническая диагностика позволяет прогнозировать техническое состояние машины на последующий срок работы после диагностирования.

Техническое диагностирование - это процесс определения технического состояния объекта с определенной точностью. Результатом диагностирования служит заключение о техническом состоянии объекта с указанием при необходимости места, вида и причины дефекта.

Диагностирование - один из элементов системы ТО. Основная его цель - достижение максимальной эффективности эксплуатации машин и, в частности, сведение до минимума затрат на их ТО. Для этого дают своевременную и квалифицированную оценку технического состояния машины и разрабатывают рациональные рекомендации по дальнейшему использованию и ремонту сборочных единиц (обслуживанию, ремонту, дальнейшей эксплуатации без обслуживания, замене сборочных единиц, материалов и т.п.).

Диагностирование проводят как при ТО, так и при ремонте.

При ТО задачи диагностирования заключаются в том, чтобы установить потребность в проведении капитального или текущего ремонта машины или ее сборочных единиц; качество функционирования механизмов и систем машин; перечень работ, которые необходимо выполнить при очередном техническом обслуживании.

При ремонте машин задачи диагностирования сводятся к выявлению сборочных единиц, подлежащих восстановлению, а также оценке качества ремонтных работ. Виды технического диагностирования классифицируют по назначению, периодичности, месту проведения, уровню специализации.



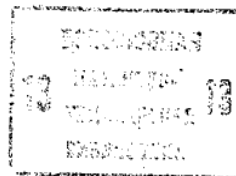
СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1051214 A**

3(51) E 21 B 15/00

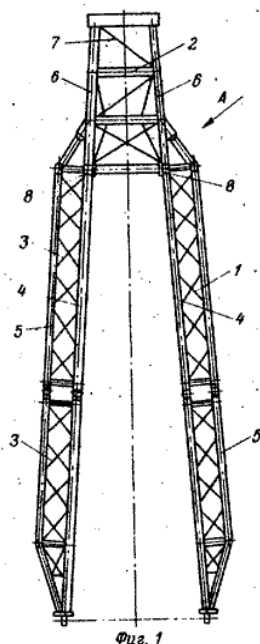
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ



- (21) 3487362/22-03  
(22) 01.09.82  
(46) 30.10.83. Бюл. № 40  
(72) А. М. Крищенко и Г. Ф. Семисотнов  
(71) Волгоградский завод буровой техники  
(53) 622.242.3(088.8)  
(56) 1. Руководство по эксплуатации буровой установки БУ75 завода бурового оборудования «Баррикады», Волгоград, 1964, с. 18—23.  
2. Скрепник. Индустриальный метод сооружения буровых. Сборник. М., «Недра», 1972, с. 227—231, рис. 102 (прототип).

(54) (57) БУРОВАЯ ВЫШКА, включающая ноги, каждая из которых содержит секции пространственной решетчатой формы трехгранного сечения с несущими стержнями и шпренгелями, расположенными на наружной стороне ног, и верхнюю секцию прямоугольного сечения, несущие стержни которой соединены с несущими стержнями ног, отличающаяся тем, что, с целью повышения надежности и снижения металлоемкости, она снабжена регулируемыми по длине соединительными звеньями, шарнирно связанными с верхними шпренгелями ног и с несущими стержнями верхней секции, причем несущие стержни верхней секции соединены с несущими стержнями ног шарнирно.



Фиг. 1

(19) **SU** (11) **1051214 A**

Изобретение относится к буровой технике, в частности к буровым вышкам для бурения нефтяных и газовых скважин.

Известна буровая вышка, включающая ноги, выполненные из секций пространственной решетчатой формы трехгранного сечения с несущими стержнями и шпренгелем. В верхней части ноги шарнирно связаны рамой. Для сохранения геометрической неизменяемости от воздействия ветровых нагрузок ноги вышки в верхней части связаны между собой винтовыми регулируемыми тягами [1].

Недостатком данной буровой вышки является малая жесткость. При спуско-подъемных операциях у этой вышки отмечена повышенная вибрация, т. е. вышка не обладает высокой надежностью.

Известна также буровая вышка, включающая ноги, каждая из которых содержит секции пространственной решетчатой формы трехгранного сечения с несущими стержнями и шпренгелями, расположенными на наружной стороне ног, и верхнюю секцию, несущие стержни которой жестко соединены с несущими стержнями ног [2].

Известная вышка обладает повышенной жесткостью конструкции.

К недостаткам известной вышки относится повышенная металлоемкость за счет жесткого крепления ног вышки с верхней секцией, в результате чего стержни башни от ветровых нагрузок подвергаются дополнительно изгибу. Работа на изгиб влечет упрочнение конструкции вышки и повышение ее металлоемкости.

Цель изобретения — снижение металлоемкости и повышение надежности буровой вышки.

Поставленная цель достигается тем, что буровая вышка, включающая ноги, каждая из которых содержит секции пространственной решетчатой формы трехгранного сечения с несущими стержнями и шпренгелями, расположенными на наружной стороне ног, и верхнюю секцию прямоугольного сечения,

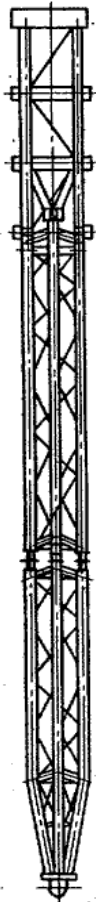
несущие стержни которой соединены с несущими стержнями ног, снабжена регулируемыми по длине соединительными звеньями, шарнирно связанными с верхними шпренгелями ног и с несущими стержнями верхней секции, причем несущие стержни верхней секции соединены с несущими стержнями ног шарнирно.

На фиг. 1 изображена предлагаемая вышка, главный вид; на фиг. 2 — то же, вид сбоку; на фиг. 3 — вид по стрелке А на фиг. 1.

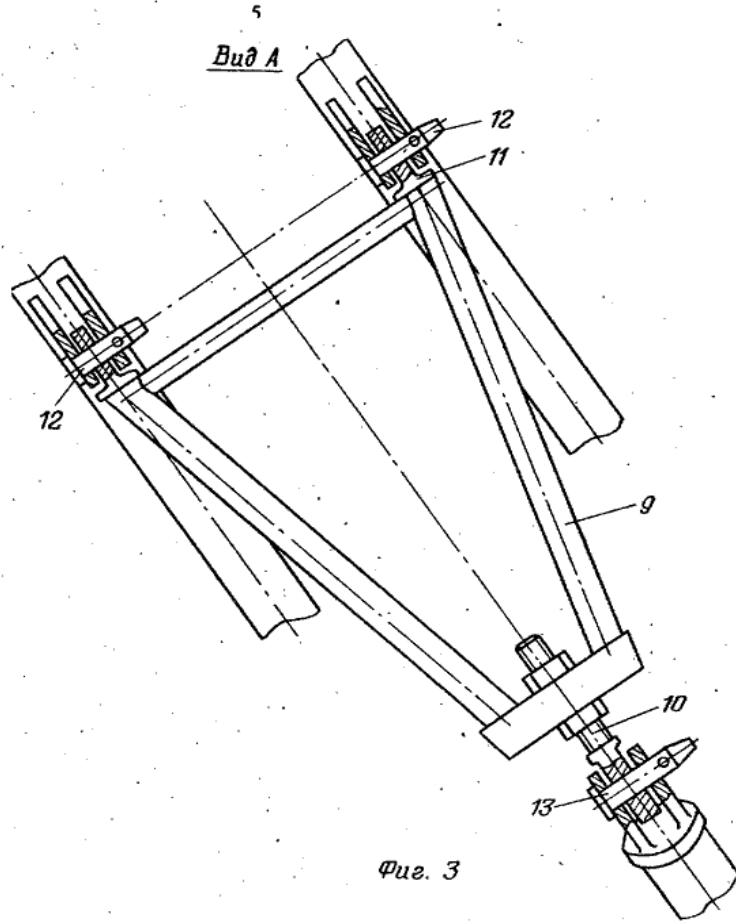
Буровая вышка состоит из двух ног 1 и верхней секции 2. Каждая нога выполнена из секций 3 пространственной решетчатой формы трехгранного сечения с несущими стержнями 4 и шпренгелями 5, расположенными на наружной стороне ног.

Верхняя секция 2 выполнена в виде башни прямоугольного сечения с несущими стержнями 6 и решеткой 7. Несущие стержни 4 каждой ноги совпадают с несущими стержнями секции верхней 6 и соединены с ними шарнирами 8. Для обеспечения геометрической неизменяемости и восприятия ветровых нагрузок, исключаяющих изгиб несущих стержней секции верхней и ног вышки, верхние шпренгели ног 5 соединены с несущими стержнями секции верхней 6 регулирующими по длине соединительными звеньями 9 (фиг. 3). Регулируемые звеньями 9 выполнены в виде рамок с винтами 10 и прикреплены к несущим стержням секции верхней с помощью проушин 11 и осей 12, а к шпренгелям ног с помощью проушины винта 10 и осей 13.

Предлагаемое устройство снижает металлоемкость буровой вышки путем облегчения конструкции несущих стержней верхней секции, так как они шарнирно соединены с несущими стержнями ног вышки, а ветровые нагрузки воспринимаются регулируемым звеном и изгиб стержней в верхней секции исключается; повышает надежность конструкции, так как стержни верхней секции воспринимают только растягивающие или сжимающие нагрузки.



Фиг. 2



Фиг. 3

Редактор Н. Ковалёва  
 Заказ 8629/32

Составитель А. Сергачев  
 Техред И. Верес  
 Тираж 603

Корректор А. Зимоков  
 Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5  
 Филнап ППП «Патент», г. Ужгород, ул. Проектная, 4

## 8 Дефектоскопия. Замена метода дефектоскопии

Дефектоскопия - это область знаний, охватывающая теорию, методы и технические средства определения дефектов в материале контролируемых объектов, в частности в материале деталей машин и элементов металлоконструкций.

Дефектоскопия является составной частью диагностики технического состояния оборудования и его составных частей. Работы, связанные с выявлением дефектов в материале элементов оборудования, совмещаются с ремонтами и техническим обслуживанием или выполняются самостоятельно в период технического осмотра. Для выявления скрытых дефектов в конструкционных материалах используются различные методы неразрушающего контроля

Ультразвукой метод дефектоскопии контактным способом, применяемый при диагностике металлоконструкции имеет ряд недостатков:

1. Не контролирует детали сложной формы;
2. Необходимая шероховатость поверхности выше третьего класса;
3. Не распознает поверхностные дефекты;
4. Невозможность использования при эксплуатации;
5. Трудоемок.

Вследствие всех этих недостатков, данный метод контроля не достаточно эффективен в наше время, так как мы затрачиваем на диагностику металлоконструкции порядка четырех дней.

Все вышеперечисленные недостатки перекрывает эхо – метод неразрушающего контроля, так как он:

1. Контролирует детали любой формы;
2. Контролирует, как поверхностные, так и внутренние дефекты;
3. Необходимая шероховатость поверхности ниже третьего класса;
4. Возможность использования при эксплуатации, на производстве и при ремонте.
5. Не трудоемок.

Исходя из этого мы затратим на диагностику металлоконструкций порядка двух дней и сможем ввести раньше на два дня и сэкономим при этом достаточно большую сумму денежных средств(см. экономическая часть).

## 9 Уменьшение металлоемкости вышки

Вышка “М45/335 – Р” – вышка А – образная мачтовой конструкции, состоящая из двух ног. Ноги представляют собой четырехгранные пространственные фермы, состоящие из четырех модулей секций.

Модули секций – это монтажно – сборочные единицы полной заводской готовности, включающие в себя электрические кабели, светильники, узлы механического оборудования. Основными несущими элементами пространственных ферм (ног вышки) являются трубы 140х14.

Нам можно сказать, что для уменьшения металлоемкости вышки, нужно уменьшить толщину основных несущих элементов, то есть труб 140х14, а так же труб которые служат ребрами жесткости для основных несущих труб 140х14, сохраняя внешний диаметр труб, чтобы не изменять конструкцию вышки.

Таблица 2 – характеристики труб у базовой вышки

| Наименование детали | Масса трубы, т | Кол-во, шт | Общая масса труб, т | Материал            |
|---------------------|----------------|------------|---------------------|---------------------|
| Труба 140х14х12080  | 0.2775         | 24         | 6.72                | Труба 140х14, 09Г2С |
| Труба 140х14х2250   | 0.052          | 4          | 0.208               | Труба 140х14, 09Г2С |
| Труба 76х12х2670    | 0.028          | 84         | 2.352               | Труба 76х12, 09Г2С  |
| Труба 76х12х2250    | 0.024          | 44         | 1.056               | Труба 76х12, 09Г2С  |
| Труба 76х12х2044    | 0.021          | 84         | 1.764               | Труба 76х12, 09Г2С  |
| Труба 76х12х1450    | 0.015          | 32         | 0.48                | Труба 76х12, 09Г2С  |
| Труба 89х12х1450    | 0.018          | 8          | 0.144               | Труба 89х12, 09Г2С  |
| Итого               |                |            | 12.724              |                     |

Таблица 3 – характеристики труб у модернизированной вышки

| Наименование детали | Масса готовой детали, т | Кол-во, шт | Общая масса труб, т | Материал           |
|---------------------|-------------------------|------------|---------------------|--------------------|
| Труба 140х9х12080   | 0.1815                  | 24         | 4.368               | Труба 140х9, 09Г2С |
| Труба 140х9х2250    | 0.033                   | 4          | 0.132               | Труба 140х9, 09Г2С |
| Труба 76х7х2670     | 0.017                   | 84         | 1.428               | Труба 76х7, 09Г2С  |
| Труба 76х7х2250     | 0.014                   | 44         | 0.616               | Труба 76х7, 09Г2С  |
| Труба 76х7х2044     | 0.013                   | 84         | 1.092               | Труба 76х7, 09Г2С  |
| Труба 76х7х1450     | 0.009                   | 32         | 0.288               | Труба 76х7, 09Г2С  |
| Труба 89х7х1450     | 0.011                   | 8          | 0.088               | Труба 89х7, 09Г2С  |
| Итого               |                         |            | 8.12                |                    |

Значит экономия металла составила 4.6 т. Так как масса базовой вышки составляет 46.235 тонн, то это около 10 % от массы базовой вышки по металлу. Следовательно модернизированная вышка будет весить 41.612 тонн.

## 10 Применение антикоррозионного покрытия

Так как уменьшается металлоемкость конструкции вышки, то уменьшается и ее технологический ресурс, то есть запас на воздействие нагрузок, принимаемых вышкой в ходе эксплуатации, так же таких вредных факторов, как коррозия металла. Поэтому целесообразно для данной модернизации применить антикоррозионное покрытие. Таким покрытием является “Нержамет - грунт”.

Нержамет-Грунт — высокоэффективная антикоррозионная алкидная грунтовка по металлу.

Достоинства:

- простота и удобство нанесения
- повышенная адгезия к металлам
- высокие антикоррозионные свойства
- грунтовка «два в одном»
- наносится прямо на ржавчину
- алюминиевый наполнитель

Антикоррозионный алкидный грунт с ингибиторами коррозии и алюминиевым наполнителем. Грунт применяется как для чистых, так и ржавых металлических поверхностей. Наносится прямо на ржавчину.

Антикоррозионная грунтовка Нержамет- Грунт — продукт "два в одном". Совмещает в себе преобразователь ржавчины и антикоррозионный грунт.

Антикоррозионная грунтовка обеспечивает длительную защиту поверхности металла от коррозии, агрессивного воздействия атмосферы, влажности, солнца и т.п. Грунтовка обладает высокой укрывистостью, образует ровную полуматовую пленку.

Покрытие на основе данного грунта отличается высокой изолирующей способностью и влагостойкостью. Входящий в состав алюминиевый наполнитель придает покрытию дополнительные износостойкие качества.

Нержамет-Грунт может использоваться и в качестве самостоятельного покрытия. Антикоррозионная алкидная грунтовка Нержамет- Грунт применяется для защиты поверхностей из чёрного металла и чугуна, в том числе покрытых ржавчиной и остатками старого покрытия, плотно сцепленными с металлом.

Антикоррозионный грунт позволяет обеспечить долговечную и надежную защиту от коррозии строительных металлоконструкций, труб, бытовых радиаторов отопления, внешних поверхностей емкостей водонапорных башен, гаражей, деталей машин и механизмов, а также железобетонных конструкций и металлических крыш.

Грунт для металла изготавливается с применением современных технологий, с использованием высококачественного сырья отечественных и зарубежных производителей.

Температурный режим нанесения грунтовки: от -10°C до +50°C. Время высыхания при температуре +20°C — 4 часа.

## 11 Расчет несущей способности вышки

Расчет по опасным сочетаниям нагрузок

Таблица 4 – Характеристики базовой вышки

| Параметры                                  | Значения |
|--------------------------------------------|----------|
| Грузоподъемность - Р, кН                   | 3200     |
| Рабочая высота вышки – Н, м                | 45       |
| Ширина основания – В, м                    | 10,3     |
| Масса вышки – М, т                         | 46.235   |
| Кратность талевого системы - its           | 12       |
| Количество граней в сечении секций ног – z | 4        |
| Предел текучести материала – Rh, мПа       | 400      |

Буровые вышки при расчетах оцениваются двумя предельными состояниями:

- по потере несущей способности при нагрузках, вызывающих разрушение или потерю устойчивости вышки;
- по деформации, при достижении которой вышка становится непригодной к эксплуатации, сохраняя при этом прочность и устойчивость.

Расчет вышки при этом рекомендуют вести по наиболее опасным сочетаниям нагрузок. Расчетными сочетаниями являются:

а) при спуске обсадной колонны, когда нагрузка на крюке равна допускаемой, за пальцем установлен полный комплект бурильных труб, а скоростной напор ветра достиг наибольшего значения (для рабочего состояния  $q=250$  Па);

б) полный комплект свечей бурильных труб установлен за палец, крюк разгружен, скоростной напор ветра равен  $q=700$  Па.

Для решения задачи рекомендуется воспользоваться условием сохранения несущей способности по прочности:

$$\sum N_i \leq F R_K \quad (5)$$

где  $\sum N_i$  – суммарное усилие в отдельных элементах вышки от действующих постоянных, эксплуатационных и ветровых нагрузок с учетом перегрузок, характеризуемых коэффициентами  $\eta_i$ , принимаемыми равными 1,1..1,2 в зависимости от состояния ;

$K_C$ - коэффициент состояния принимают 0.9;

$F$  – площадь поперечного сечения рассчитываемого элемента вышки;

$m$  – коэффициент, учитывающий условия работы вышки, принимается в пределах  $m = 0,75 - 0,95$  в зависимости от вида элемента и места его расположения в вышке.

Величины  $N_i$  (постоянных, эксплуатационных и ветровых нагрузок, вертикальных и горизонтальных) рекомендуется определять по формулам источника.

Алгоритм расчета элементов буровой вышки сделан в программе MathCad.

Исходные данные, константы и расчетные коэффициентов:

а)  $P_{доп}$ ,  $H$ ,  $B$ ,  $its$ ,  $\gamma$ -угол наклона вышки,  $\alpha$ - угол наклона ведущей ветви каната, примем  $\alpha=8^\circ$ . Тогда  $B_2=2,22$  м,  $B_3=4,71$  м,  $B_4=8,5$  м.

б) нормативные значения предельных ветровых напоров  $q_0=250$  Па и  $q_1=700$  Па; нормативный предел текучести материала вышки  $R_h=400$  МПа.

в) коэффициенты возрастания ветровой нагрузки в зависимости от высоты вышки:  $c_1=1$  –высота до 10 м от поверхности земли;  $c_2=1,35$ м - до 20м;  $c_3=1,55$ - при высоте до 40м;  $c_4=1,75$ - до 60 м.

г) коэффициенты динамичности панелей буровой вышки, расположенных на разных высотах:  $\beta_1=2,1$  – при высоте до 20 м,  $\beta_2=1,6$  –при высоте до 60 м;

д) аэродинамический коэффициент  $m_1=1,0$  –для труб;  $m_2=1,4$  –для конструкций из профильного проката;

е) коэффициенты перегрузки:  $K_{п1}=1,1$ – принимается соответственно для вертикальных и горизонтальных нагрузок от веса вышки и оборудования на ней в зависимости от состояния вышки по, и  $K_{п2}=1,2$  – для горизонтальных нагрузок от скоростного напора ветра.

ж) коэффициенты заполнения панели  $\phi_1=1,0$  - коэффициент заполнения обшитой панели;  $\phi_2=0,2$ - коэффициент заполнения панелей;

з) коэффициент сочетания нагрузок  $K_c=0,9$ - применяют в зависимости от состояния вышки по табл. источника, указанного в предыдущем пункте.

и) коэффициент условий работы  $m=0,9$ .

1) Определяем суммарные постоянные нагрузки по формуле:

$$\begin{aligned} G_B &= 93 \text{ МН} \\ G_B &= 453 \text{ кН} \end{aligned} \quad (6)$$

где  $G_B, G_R, G_C, G$  нагрузки соответственно от веса вышки, веса кронблока, талевой системы и общего веса, перил, лестниц, козел и др. сооружений.

$$\begin{aligned} G_R &= 93 \text{ МН} \\ G_R &= 453 \text{ кН} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} G_C &= 0 \text{ МН} \\ G_C &= 0 \text{ кН} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} G_C &= 0 \text{ МН} \\ G_C &= 0 \text{ кН} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} G &= 0,08 B_{доп} \\ G &= 0,08 \cdot 147 = 11,76 \text{ кН} \end{aligned} \quad (10)$$

2) Находим вертикальные эксплуатационные нагрузки:

$$\begin{aligned} P_{доп} &= \frac{P_{доп}}{B_{доп}}; \\ P_{доп} &= \frac{300}{12} = 25 \text{ кН/м} \end{aligned} \quad (11)$$

3) Определяем вертикальную нагрузку на ногу, как на элемент, несущий наибольшие нагрузки постоянные и эксплуатационные:

$$\begin{aligned} R_H &= \frac{G + K + P_{доп}}{2}; \\ R_H &= \frac{11,76 + 36,09 + 25}{2} = 36,42 \text{ кН} \end{aligned} \quad (12)$$

4) рассчитываем горизонтальные нагрузки:

а) находим ветровые нагрузки, разбив вышку условно на панели по степени воздействия скоростного напора ветра в зависимости от высоты расположения панели. Путем геометрических построений находим площади нижних и верхних оснований трапеций условных панелей, приняв их высоты: h1=10 м (панель обшита); h2=10 м (панель не обшита) и т.д., а их элементы изготовлены из труб. Указанные площади вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} S_{11} &= \frac{H(B+B_1)}{2}; \\ S_{11} &= \frac{1 \cdot (1,9+3)}{2} = 2,45 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} S_{21} &= \frac{H(B+B_1)}{2}; \\ S_{21} &= \frac{1 \cdot (3+4)}{2} = 3,5 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} S_{31} &= \frac{H(B+B_1)}{2}; \\ S_{31} &= \frac{1 \cdot (4+12)}{2} = 8 \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (15)$$

$$S_{\text{шт}} = \frac{K_{\text{в.в.}}}{2};$$

$$S_{\text{шт}} = \frac{18(216)95}{2} = 576 \text{ м}^2 \quad (16)$$

тогда ветровая нагрузка на наветренную грань ноги вышки в рабочем состоянии определится по формуле:

$$F_{\text{в.н}} = \frac{S_{\text{шт}} \cdot q_{\text{в.н}}}{10};$$

$$F_{\text{в.н}} = \frac{576 \cdot 15(216)145}{10} = 64 \text{ кН} \quad (17)$$

б) находим ветровую нагрузку на пакет свечей, приняв ширину его равной 3 (м), длину его части, подвергаемой воздействию ветра - 15 (м) по формуле:

$$F_{\text{в.п}} = \frac{S_{\text{п}} \cdot q_{\text{в.п}}}{10};$$

$$F_{\text{в.п}} = \frac{42310396}{10} = 42310396 \text{ Н} \quad (18)$$

в) горизонтальная составляющая силы действующей на кронблоке от натяжения ведущей и ведомой ветвей талевого каната:

$$P_{\text{KT}} = \frac{P_{\text{доп.г}}}{i};$$

$$P_{\text{KT}} = \frac{310009}{12} = 25834 \text{ Н} \quad (19)$$

знак (-) ставится в случае противоположного расположения ведущей и неподвижной ветвей каната;

г) горизонтальная составляющая веса пакета свечей, установленного за пальцем:

$$G_{\text{Г}} = \frac{G_{\text{п.г}}}{2};$$

$$G_{\text{Г}} = \frac{1610079}{2} = 805039 \text{ Н} \quad (20)$$

где  $G_{\text{В}} = \frac{P_{\text{доп.г}}}{2} = 1610079 \text{ Н}$  - полный вес бурильных свечей, установленных пакетом за палец;

5) Проверяем наиболее нагруженный элемент вышки – ногу на прочность, приняв наружный диаметр ее сечения равным  $D=0.14$  (м) и внутренний диаметр –  $d=0.112$  (м), по формуле:

$$F_{\text{кр}} = \frac{G_{\text{кр}}}{\gamma_{\text{кр}}} \quad (21)$$

Отсюда допустимая нагрузка на ногу вышки:

$$F_{\text{доп}} = \frac{G_{\text{кр}}}{\gamma_{\text{кр}}} \quad (22)$$

А суммарно возможная нагрузка:

$$F_{\text{сум}} = \frac{G_{\text{кр}}}{\gamma_{\text{кр}}} \quad (23)$$

Проверяем условие:

$$F_{\text{сум}} \leq F_{\text{доп}}$$

Условие соблюдено.

Теперь проведем расчет для модернизированной вышки

Таблица 5 – характеристики модернизированной вышки

| Параметры                                  | Значения |
|--------------------------------------------|----------|
| Грузоподъемность - Р, кН                   | 3200     |
| Рабочая высота вышки – Н, м                | 45       |
| Ширина основания – В, м                    | 10,3     |
| Масса вышки – М, т                         | 41.6115  |
| Кратность талевой системы - its            | 12       |
| Количество граней в сечении секций ног – z | 4        |
| Предел текучести материала – Rh, мПа       | 400      |

Все константы, коэффициенты и исходные данные те же, кроме диаметров сечения несущих труб и веса вышки.

1) Определяем суммарные постоянные нагрузки по формуле:

$$G_{\text{сум}} = G_{\text{кр}} + G_{\text{т}} + G_{\text{л}} + G_{\text{п}} \quad (24)$$

где  $G_{\text{кр}}$ ,  $G_{\text{т}}$ ,  $G_{\text{л}}$ ,  $G_{\text{п}}$  нагрузки соответственно от веса вышки, веса кронблока, талевой системы и общего веса, перил, лестниц, козел и др. сооружений.

$$G_{\text{сум}} = 40810 \quad (25)$$

$$\begin{aligned} G_K &= 0,1 P_{доп} \\ G_K &= 31 [Н] \end{aligned} \quad (26)$$

$$\begin{aligned} G_{TC} &= 0,1 P_{доп} \\ G_{TC} &= 28 [Н] \end{aligned} \quad (27)$$

$$\begin{aligned} G_{\sigma} &= 0,1 P_{доп} \\ G_{\sigma} &= 961 [Н] \end{aligned} \quad (28)$$

2) Находим вертикальные эксплуатационные нагрузки:

$$\begin{aligned} P_{доп} &= \frac{P_{доп}}{S_{доп}}; \\ P_{доп} &= \frac{31000}{12} = 2583 [Н] \end{aligned} \quad (29)$$

3) Определяем вертикальную нагрузку на ногу, как на элемент, несущий наибольшие нагрузки постоянные и эксплуатационные:

$$\begin{aligned} P_H &= \frac{G_K + G_{TC} + G_{\sigma} + P_{доп}}{2}; \\ P_H &= \frac{31 + 28 + 961 + 2583}{2} = 2441 [Н] \end{aligned} \quad (30)$$

4) рассчитываем горизонтальные нагрузки:

а) находим ветровые нагрузки, разбив вышку условно на панели по степени воздействия скоростного напора ветра в зависимости от высоты расположения панели. Путем геометрических построений находим площади нижних и верхних оснований трапеций условных панелей, приняв их высоты: h1=10 м ( панель обшита); h2=10м (панель не обшита) и т.д. , а их элементы изготовлены из труб. Указанные площади вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} S_{\phi n} &= \frac{H(B+B_1)}{2}; \\ S_{11} &= \frac{1(10+8)}{2} = 9 [м^2] \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} S_{\phi n} &= \frac{H(B+B_1)}{2}; \\ S_{21} &= \frac{1(8+4)}{2} = 2 [м^2] \end{aligned} \quad (32)$$

$$S_{\text{вн}} = \frac{K_{\text{вн}}}{2};$$

$$S_{\text{вн}} = \frac{1 \cdot (7-2)^2}{2} = 6,5 \text{ [м]} \quad (33)$$

$$S_{\text{вн}} = \frac{K_{\text{вн}}}{2};$$

$$S_{\text{вн}} = \frac{18 \cdot (2-16)^2}{2} = 57 \text{ [м]} \quad (34)$$

тогда ветровая нагрузка на наветренную грань ноги вышки в рабочем состоянии определится по формуле:

$$P_{\text{вн}} = \frac{C_{\text{вн}} \cdot S_{\text{вн}} \cdot q}{10};$$

$$P_{\text{вн}} = \frac{0,50 \cdot 6,5 \cdot 10}{10} = 3,25 \text{ [кН]} \quad (35)$$

б) находим ветровую нагрузку на пакет свечей, приняв ширину его равной 3 (м), длину его части, подвергаемой воздействию ветра - 15 (м) по формуле:

$$P_{\text{вн}} = \frac{C_{\text{вн}} \cdot S_{\text{вн}} \cdot q}{10};$$

$$P_{\text{вн}} = \frac{0,50 \cdot 45 \cdot 10}{10} = 22,5 \text{ [кН]} \quad (36)$$

в) горизонтальная составляющая силы действующей на кронблоке от натяжения ведущей и ведомой ветвей талевого каната:

$$P_{\text{KT}} = \frac{P_{\text{т}} \cdot \cos \alpha}{i};$$

$$P_{\text{KT}} = \frac{3 \cdot 10000}{12} = 2500 \text{ [Н]} \quad (37)$$

знак (-) ставится в случае противоположного расположения ведущей и неподвижной ветвей каната;

г) горизонтальная составляющая веса пакета свечей, установленного за пальцем:

$$G_{\text{Г}} = \frac{G_{\text{п}}}{2};$$

$$G_{\text{Г}} = \frac{161000}{2} = 80500 \text{ [Н]} \quad (38)$$

где  $G_{CB} = \frac{P_{доп}}{2}$  – полный вес бурильных свечей, установленных пакетом за палец;

5) Проверяем наиболее нагруженный элемент вышки – ногу на прочность, приняв наружный диаметр ее сечения равным  $D=0.14$  (м) и внутренний диаметр –  $d=0.122$  (м), по формуле:

$$\sigma = \frac{G_{CB}}{F} \leq [\sigma] \quad (39)$$

Отсюда допустимая нагрузка на ногу вышки:

$$G_{CB} = F \cdot [\sigma] \quad (40)$$

А суммарно возможная нагрузка:

$$G_{CB} = F \cdot [\sigma] \quad (41)$$

Проверяем условие:

$$\sigma = \frac{G_{CB}}{F} \leq [\sigma] \quad (42)$$

Условие соблюдено.

Значит уменьшив массу вышки на 10 %, изменив сечение несущих труб, я получил уменьшение коэффициента запаса с 4 до 3.

## 12 Безопасность проекта

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда в организации возлагаются в соответствии с Трудовым кодексом Казахстана на работодателя.

Работодатель обязан обеспечить:

- безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве сырья и материалов;
- применение средств индивидуальной и коллективной защиты работников;
- соответствующие требованиям охраны труда условия труда на каждом рабочем месте;
- режим труда и отдыха работников в соответствии с законодательством Казахстана;
- приобретение за счет собственных средств и выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с установленными нормами работникам, занятым на работах с вредными или опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением;
- обучение безопасным методам и приемам выполнения работ, инструктаж по охране труда, стажировку на рабочих местах работников и проверку их знаний требований охраны труда, недопущение к работе лиц, не прошедших в установленном порядке указанное обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний требований охраны труда;
- организацию контроля за состоянием условий труда на рабочих местах, а также за правильностью применения работниками средств индивидуальной и коллективной защиты;
- проведение аттестации рабочих мест по условиям труда с последующей сертификацией работ по охране труда в организации;
- проведение за счет собственных средств медицинских осмотров (обследований) работников, внеочередных медицинских осмотров (обследований) работников по их просьбам в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров;
- недопущение работников к выполнению ими трудовых обязанностей без прохождения обязательных медицинских осмотров, а также в случае медицинских противопоказаний;
- информирование работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о существующем риске повреждения здоровья и полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
- предоставление органам государственного управления охраной труда, органам государственного надзора и контроля за соблюдением

требований охраны труда информации и документов, необходимых для осуществления ими своих полномочий;

- принятие мер по предотвращению аварийных ситуаций, сохранению жизни и здоровья работников при возникновении таких ситуаций, в том числе по оказанию пострадавшим первой помощи;
- санитарно-бытовое и лечебно-профилактическое обслуживание работников в соответствии с требованиями охраны труда;
- выполнение предписаний должностных лиц органов государственного надзора и контроля за соблюдением требований охраны труда;
- обязательное социальное страхование работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- ознакомление работников с требованиями охраны труда.

## **12.1 Травмобезопасность**

Сборка и разборка не требует специального оборудования и инструмента, для этого используется штатное оборудование, применяемое при производстве буровых работ: трубные ключи, элеваторы, ручной инструмент.

Риск получения травм штатным оборудованием возможен только при нарушении правил эксплуатации данного оборудования.

В соответствии с ГОСТ 12.2.059–81 предусмотрена предупреждающая окраска в виде желто-оранжевых или оранжево-черных чередующихся полос.

Для безопасной и безаварийной работы оборудование снабжается приборами и устройствами безопасности: ограничителями грузоподъёмности, блокировочными устройствами, датчиками веса колонны спускаемых труб и давления жидкостей в системе, ограничителями подъёма крюкоблока, все вспомогательные операции производятся при помощи специального инструмента (крючков и т. д.).

Границы опасных зон обозначены в соответствии с ГОСТ 12.4.026 «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности».

К основным причинам поражения электрическим током относятся:

- случайное прикосновение к токоведущим частям электрооборудования, находящегося под напряжением;
- появление напряжения на отключенных нетоковедущих частях оборудования, в результате ошибочного включения при ремонтных работах.

В соответствии с ГОСТ 12.1.019 для защиты людей от поражения электрическим током применяем:

- защитные ограждения;
- изоляцию токоведущих частей;
- изоляцию рабочего места;
- защитное заземление;
- предупредительную сигнализацию;
- средства индивидуальной защиты.

### 13 Экономическая часть

Технико – экономический расчет

В данной части дипломного проекта необходимо рассчитать затраты на модернизированную часть металлоконструкции вышки и сравнить ее со стоимостью новой вышки “М45/335 – Р” буровой установки “БУ5000/320 – ЭК – БМ”, а так же рассчитать затраты на предлагаемый мной метод дефектоскопии и сравнить его с методом установленным нормативным документом МУ 03-008-04.

Таблица 6– Затраты на изготовление деталей для базовой вышки.

| Изготавливаемые детали | Затраты тг. |
|------------------------|-------------|
| Труба 140x14x12080     | 1300000     |
| Труба 140x14x2250      | 42500       |
| Труба 76x12x2670       | 450000      |
| Труба 76x12x2250       | 200000      |
| Труба 76x12x2044       | 350000      |
| Труба 76x12x1450       | 100000      |
| Труба 89x12x1450       | 28500       |
| Итого                  | 2468000     |

Таблица 7 – Затраты на изготовление деталей для модернизированной вышки.

| Изготавливаемые детали | Затраты тг. |
|------------------------|-------------|
| Труба 140x9x12080      | 853765      |
| Труба 140x9x2250       | 27500       |
| Труба 76x7x2670        | 282255      |
| Труба 76x7x2250        | 124420      |
| Труба 76x7x2044        | 222610      |
| Труба 76x7x1450        | 62000       |
| Труба 89x7x1450        | 18000       |
| Итого                  | 1590000     |

Значит экономическая выгода от модернизации вышки составит, тг.:

$$\Delta = C_{баз} - C_{мод}, \quad (56)$$

где  $C_{баз}$  – расходы на изготовление деталей для базовой вышки, тг. ;

$C_{мод}$  – расходы на изготовление деталей для модернизированной вышки, тг.

$$\Delta = 2468000 - 1590000$$

### Транспортные расходы

Эта часть технико – экономического расчета включает в себя перевозку готовой продукции по ж/д линии от завода изготовителя, то есть “Уралмаш” до заказчика, от которого эту продукцию уже будут доставлять до места ее эксплуатации другим видом транспорта.

Стоимость, включая НДС, перевозки груза массой выше 5 тонн, составляет 50 тг/кг.

Весь комплект буровой установки, то есть ее масса взята из каталога бурового оборудования “Уралмаш” на 2012 год.

Таблица 8 – Общий вес транспортируемой базовой вышки “М45/335 – Р”:

| Наименование | Вес ед., кг | Кол – во | Общий вес, кг |
|--------------|-------------|----------|---------------|
| Вышка        | 46235       | 1        | 46235         |
| Итого        |             |          | 46235         |

Транспортные расходы для базовой вышки составляют, тг.:

$$C_{\text{тр.баз}} \quad (57)$$

где  $M_{\text{бв}}$  – масса базовой вышки “М45/335 – Р”, кг;  
 $f$  – тарифная ставка на перевозку

Таблица 9 – Общий вес транспортируемого оборудования модернизированной БУ5000/320 – ЭК – БМ:

| Наименование | Вес ед., кг | Кол – во | Общий вес, кг |
|--------------|-------------|----------|---------------|
| Вышка        | 41611.5     | 1        | 41611.5       |
| Итого        |             |          | 41611.5       |

Тогда транспортные расходы составляют, тг.:

$$C_{\text{тр.мод}} \quad (58)$$

где:

$M_{\text{мв}}$  – масса модернизированной вышки “М45/335 – Р”, кг;  
 $f$  – тарифная ставка на перевозку

Вследствие на транспортных расходах мы экономим, тг.:

$$C_{\text{тр.баз}} - C_{\text{тр.мод}} \quad (59)$$

где  $C_{\text{тр.баз}}$  – затраты на транспортировку базовой вышки, тг.;

$C_{\text{тр.мод}}$  – затраты на транспортировку модернизированной вышки, тг.

Расходы на диагностику оборудования.

Диагностика металлоконструкции буровой установки проводится при помощи ультразвукового метода неразрушающего контроля контактным способом, при котором время проведения дефектоскопии нормируется в пределах четырех дней и проводится перед началом ввода в эксплуатацию буровой установки.

Предлагаемый нами эхо метод неразрушающего контроля, использующий бесконтактный способ обследования позволяет сократить время обследования металлоконструкции буровой установки вдвое. Мы введем буровую установку в эксплуатацию на два дня ранее, чем при ультразвуковом методе неразрушающего контроля контактным способом.

Усреднено день простоя буровой установки равен 4 млн. тг. Значит отсюда следует, что, тг.:

$$C_{\text{диаг}} = 40000 \quad (60)$$

Следовательно, применяя эхо – метода, как метод неразрушающего контроля для дефектоскопии металлоконструкции буровой установки, мы экономим при каждом обследовании 8 млн. тг.

Расходы на покрытие металлоконструкции.

Затраты на замененное покрытие металлоконструкции. Уменьшаем металлоемкость и уменьшаем их технологический ресурс, вследствие более быстрого износа, из-за меньшей толщины металла, при той же скорости протекания коррозии и других негативных факторов, которые уменьшают срок службы металлоконструкции. Поэтому решением данной проблемы является подбор более совершенной, более устойчивой к коррозии и надежной при воздействии других негативных факторов. Данным покрытием является “Нержамет – Грунт”. Значит общая стоимость будет равна, тг.:

$$C_{\text{грунт}} = 3158 \quad (61)$$

где  $q=02503$  - расход грунта,  $\text{кг} / \text{м}^2$ ;

$S=3158$ - площадь покрываемой металлоконструкции,  $\text{м}^2$ ;

$C_{\text{грунт}}=12$ - цена одного кг грунта, тг.

Получаем экономический эффект равным:

$$Э_{\text{эко}} = 38000 \quad (62)$$

где  $Э_{\text{эко}}$  – экономическая выгода от модернизации вышки, тг.;

$\Delta C$  – экономия транспортных расходов, тг.;

$C_{\text{диаг}}$  – экономия на диагностике эхо – методом, тг.;

$C_{\text{общгрунт}}$  –затраты на антикоррозионное покрытие вышки, тг.

$$Э_{\text{эко}} = 38000$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте была рассмотрена буровая установка “БУ5000/320 – ЭК – БМ”. Объект модернизации - вышка “М45/335 – Р”. Цель – уменьшение металлоемкости вышки, а так же замена метода ее дефектоскопии на более прогрессивный, а именно на эхо – метод неразрушающего контроля.

Актуальность данной модернизации:

1. Экономия металла на производство вышки, что выгодно и производителю и покупателю. Так как в первом случае производитель сможет произвести большее количество вышек или просто уменьшить затраты на одну единицу продукции, во втором случае покупателю выгоднее, так как он экономит на транспортных расходах и цене самой вышки;

2. Замена метода дефектоскопии металлоконструкции вышки ведет к сокращению времени диагностики вышки, а значит и более быстрому вводу в эксплуатации буровой установки, что экономит большие денежные средства вкладчиков в предприятий занимающиеся бурением.

Результат данной модернизации:

1. Металлоемкость вышки уменьшилась на 10%, что уменьшило затраты на ее производство, а значит и уменьшило цену. Следовательно производитель сможет производить за место 10 вышек базовой модели, 11 вышек модернизированной конструкции, вложив те же самые денежные средства;

2. При замене метода дефектоскопии, сроки ввода в эксплуатацию буровой установки сокращаются вдвое, на чем вкладчики могут сэкономить около 8 млн. тг;

3. Применение антикоррозионного покрытия “Нержамет – Грунт”, увеличит технологический ресурс вышки, тем самым продлит срок ее службы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин П.М. “Ультразвуковая дефектоскопия”. Справ. Пособие. – Мн: Выш. Шк. 1996. – 271 с.
2. Выборнов Б.И. Ультразвуковая дефектоскопия. - М., 1998,- 376 с.
3. Ермолов И.Н., Ланге Ю.В. НК, том 3 из 7. Ультразвуковой контроль. Справочник - М., 2004. – 204 с.
4. Баграмов, Р.А. Буровые машины и комплексы./ Р.А. Баграмов. – М.:Недра, 1988. – 354 .
5. Макушкин, Д.О. Расчет и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов./Д.О. Макушкин.- Красноярск:ИПЦ КГТУ, 2005.
6. Чичеров, Л.Г. Расчет и конструирование нефтепромыслового оборудования./ Л.Г.Чичеров, Г.В.Молчанов, А.М.Рабинович.- М.:Недра, 1987.
7. Горицкий В.М. Диагностика металлов. М.: Металлургиздат, 2004. 408 с.
8. ГОСТ 14782-86. НК. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
9. ГОСТ 17410-78. Трубы металлические бесшовные цилиндрические. Методы УЗД.
10. РД РОСЭК-001-96. Машины грузоподъемные. Конструкции металлические. УЗК. Общие положения.
11. МУ 03 – 008 – 04. Методические указания по экспертизе промышленной безопасности буровых установок с целью продления срока безопасной эксплуатации.
12. РД 08-195-98. Инструкция по техническому диагностированию состояния передвижных установок для ремонта скважин.
13. РД 22-28-36-01 Краны грузоподъемные. Типовые программы и методики испытаний.