

**УДК 614.847.2**

Каргаполова Е.О., доцент, к.биол.н.

Кравченко Г.В., студент ПБ-151

Шувалова А.Ю., студент ПБ-151

Омский государственный технический университет

Kargapolova E.O., docent, candidate of biological sciences

Kravchenko G.V., student PB-151

Shuvalova A.Yu., student PB-151

Omsk State Technical University

**ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ  
ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ  
НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ****THE USE OF FIRE EXTINGUISHING ROBOTS IN OIL REFINERIES**

Одним из основных направлений нефтеперерабатывающих предприятий является обеспечение высокого уровня пожарной безопасности. Обеспечение пожарной безопасности на нефтеперерабатывающих предприятиях достигается комплексом мероприятий, в числе которых разработка специальной пожарной техники и внедрение новых образцов пожарно-технического вооружения. На сегодняшний день наиболее перспективным способом тушения технологических установок и резервуаров является применение роботизированной техники. В статье рассмотрены технические характеристики, область применения, преимущества роботизированной пожарной техники нового поколения и ее отличия от пожарных автомобилей (ПА) комбинированного тушения. Приведен расчет экономической эффективности внедрения робота LUF-60 вместо ПА комбинированного тушения на предприятиях нефтепереработки.

Предприятия нефтепереработки – это важнейший элемент экономики страны и значимая часть мировой системы энергообеспечения. Они дают более четверти объема производства промышленной продукции России; более трети всех налоговых платежей и других доходов в бюджетную систему, более половины поступлений страны от экспорта.

Из-за нарушения технологического процесса, несоблюдения работниками правил пожарной безопасности, неисправностей электрооборудования на объектах нефтяной промышленности продолжают происходить аварии с человеческими жертвами. В связи с этим повышение уровня пожарной безопасности объектов нефтепереработки остается одной

из важнейших составных частей обеспечения защиты населения от угроз техногенного характера.

Опасные факторы пожара (повышенная температура окружающей среды, токсичность продуктов горения, пониженное содержание кислорода и др.) негативно влияют на организм человека, что, в свою очередь, может привести к замедленности в действиях, а соответственно и к увеличению времени локализации пожара. Пожары на нефтеперерабатывающих предприятиях представляют серьезную угрозу для здоровья и жизни пожарных. В то время как роботизированная техника для тушения пожара может применяться в условиях повышенной температуры, снижения видимости, высокой концентрации токсичных продуктов горения, пониженной концентрации кислорода.

Горение нефтепродуктов сопровождается такими явлениями, как вскипание и выброс. Под вскипанием понимается переход в пар большого количества мелких капель воды, находящихся в нефтепродукте, и связанное с этим образование на поверхности жидкости пены, которая может переливаться через борт резервуара, распространяя горение на соседние объекты. Вскипание горючей жидкости происходит из-за наличия в ней взвешенной воды, которая при прогреве горячей жидкости выше  $100^{\circ}\text{C}$  испаряется, вызывая вспенивание нефти или нефтепродукта. Вскипание также может произойти во время начального периода пенной атаки при подаче пены на поверхность горючей жидкости с температурой кипения выше  $100^{\circ}\text{C}$ . Такой процесс характеризуется бурным горением вспенившейся массы продукта. К выбросу способны, главным образом, темные нефтепродукты – нефть, содержащая 3,8% влаги, и мазут, содержащий до 0,6% влаги. При выбросах нефтепродукты могут покрывать площадь в несколько гектар.

Одним из высокоперспективных способов тушения технологических установок и резервуаров на нефтеперерабатывающих предприятиях является применение специализированной роботизированной техники LUF-60, которая может работать в непосредственной близости к очагу возгорания [1].

Пожарные роботы – это именно то техническое средство, которое кардинально отличает сегодняшние подразделения МЧС, пожарной охраны различных стран от тех, которые были ранее. Применение пожарных роботов может достаточно сильно облегчить работу по тушению пожаров на различных объектах промышленности, транспорта и т.п., а порой и вовсе пожарные роботы незаменимы, к примеру, при пожарах на химически опасных объектах.

Основной областью применения роботов в нефтяной промышленности является тушение следующих объектов:

- аппаратов нефтепереработки, резервуаров, емкостей и трубопроводов с горючими веществами, которые создают угрозу взрыва или разлива горючих и легковоспламеняющихся жидкостей;
- технологических установок, аварийная остановка которых невозможна по техническим причинам;
- факельного горения газов или жидкостей, которые вытекают из установок и трубопроводов, находящихся под давлением;
- аппаратов, оборудования, установок и трубопроводов, которые нагреты до высокой температуры по условиям технологического процесса;
- резервуаров с нефтепродуктами (тушение поверхностным способом).

Робот LUF-60 оборудован лафетным стволом и способен подавать воду или пену со скоростью не менее 400 л/с на расстояние 60 метров (таблица) [2]. Несмотря на свои габариты и вес, робот отличается маневренностью и способностью быстро реагировать на изменение обстановки при пожаре или чрезвычайной ситуации благодаря гусеничной платформе. Вентилятор робота LUF-60 может работать, как для нагнетания давления, так и для всасывания воздуха с целью очистки систем вентиляции.

**Таблица. Основные характеристики робота LUF-60**

Вес	2200 кг
Длина	2330 мм.
Ширина	1350 мм.
Высота	2500 мм.
Дальность подачи воды	80 м.
Дальность подачи пены	40 м .
Двигатель	дизельный 4 цилиндра мощность 140 к.с.
Бак для топлива	60 л.
Бак гидравлической системы	80 л.
Скорость передвижения	6 км/ч
Водяной насос	двухступенчатый центробежный продуктивность 1000 л/мин при давлении 15 бар продуктивность 2400 л/мин при давлении 10 бар
Вентилятор	35 кВт
Угол подъема	до 30°
Радиус действия пульта управления	До 300 м

Для проведения аварийно-спасательных работ робот LUF-60 комплектуется специальным гидравлическим оборудованием, а именно лебедкой. Тяговое усилие лебедки составляет 40 кН., скорость вращения – 10 м/мин., длина кабеля – 30 м., диаметр каната – 8 мм. Управление производится вручную дистанционно [3].

Имеется многофункциональная система крепления различных приспособлений [4]:

1. Мини кран для подъема грузов до 600 кг., который управляется на месте или дистанционно;

2. Система вентиляции или дымоудаления. Мощность вентилятора обеспечивает продуктивность 6 м<sup>3</sup>/с.; также есть возможность поставить на LUF-60 еще один дополнительный вентилятор мощностью 60 000 м<sup>3</sup>/ч.

3. Специальная железнодорожная платформа для передвижения по путям, так как данный пожарный робот применяется для борьбы с пожарами в туннелях на железных дорогах.

Преимущества робота LUF-60:

- небольшие габариты и наличие металлических гусеничных лент для передвижения, которые позволяют роботу близко подъехать к очагу пожара;

- большой радиус подачи огнетушащего вещества;

- передвижение и управление робота при помощи пульта дистанционного управления на расстоянии до 300 м.;

- передвижение с помощью электродвигателя, при этом отсутствуют затраты на топливо и смазочные материалы, которые, в случае повреждения механизма, способствовали бы быстрому распространению огня;

- имеются камеры и оптические устройства, предназначенные для слежения за ходом развития пожара;

- высокая мобильность и вес позволяют успешно подниматься и спускаться по лестницам с уклоном до 30°;

- может подаваться компактная или распыленная струя воды, при которой создается «завеса водяного тумана», состоящая из мельчайших водяных капель;

- диаметр лафетного ствола робота в несколько раз превышает диаметр лафетного ствола ПА, поэтому робот за более короткое время локализует пожар;

- повышенная точность подачи огнетушащих веществ в очаг пожара, позволяющая снизить излишние проливы и снизить материальный ущерб от пожара;

- вентиляция помещений и осаждение дыма распыленной водой.

Несмотря на ряд преимуществ, существуют следующие недостатки:

1. Робот не способен работать в автоматическом режиме (необходимо использовать пульт управления);

2. Необходимо использовать дополнительные средства защиты (например, гидрофобное алюминидное нанопокрытие, защищающее робота от кислот и коррозии), так как химические вещества, плавящиеся металлы, коррозионные вещества и воздействие высоких температур могут привести к повреждению внешних и внутренних элементов пожарных роботов [5].

«Если вы хотите добиться успеха, необходимо обеспечить снижение эксплуатационных расходов при высокой эффективности», – говорит Бустрём, формулируя принцип, актуальный для многих отраслей промышленности.

Для обоснования экономической эффективности внедрения пожарного робота LUF-60 на предприятия нефтепереработки, произведем расчет срока окупаемости робота, в котором сравним расходы на ПА комбинированного тушения и робота LUF-60 в год.

Расчёт расхода горюче-смазочных материалов для ПА комбинированного тушения в год ( $Q_{ob.}$ , л.):

$$Q_{ob.} = Q_{pr.} + Q_{nagr.} + Q_{b.n.},$$

где расход для пробега на один выезд,  $Q_{pr.}$  л:

$$Q_{pr.} = \frac{(Q_{pr.} * Q_{nagr.})}{100} = \frac{(49 * 2)}{100} = 0,98,$$

где L – расход топлива на 100 км.;

S – пробег ПА до места возникновения пожара, км.

Расход топлива для работы насоса ( $Q_{nagr.}$ , л.):

$$Q_{nagr.} = R * k * W = 0,330 * 1,1 * 80 = 29,04,$$

где R – норма расхода дизельного топлива на привод насоса для ПА, которая составляет 0,330 л/мин.;

k – коэффициент зимней надбавки;

W – время работы насоса, мин.

Расход топлива для работы без нагрузки ( $Q_{b.n.}$ , л.):

$$Q_{b.n.} = U * Q = 0,150 * 30 = 4,5,$$

где U – расход топлива на стационарную работу без нагрузки, который составляет 0,150 л/мин.;

Q – время работы двигателя без нагрузки.

Общий расход за выезд составляет ( $Q_{ob.}$ , л.):

$$Q_{ob.} = 0,98 + 29,04 + 4,5 = 32,95 ,$$

Расход горюче-смазочных материалов при среднем числе пожаров в год ( $Q_{god}$ , л.):

$$Q_{god} = Q_{ob.} * P = 32,95 * 8 = 263,67 ,$$

где P – среднее число пожаров в год.

Затраты на горюче-смазочные материалы в год ( $G$ , руб.):

$$G = Q_{god} * Z = 263,67 * 47 = 12392 ,$$

где Z – стоимость 1л дизельного топлива, руб.

Расчет заработной платы пожарных в год ( $N_1$ , руб.):

$$N_1 = H_1 + T_1 + K_1 = 15 * 20000 * 12 = 3600000 ,$$

где  $H_1$  – количество пожарных (3 смены по 5 человек);

$T_1$  – среднемесячная заработная плата одного пожарного, руб.;

$K_1$  – количество месяцев.

Расчет средств на содержание ПА:

Эксплуатационные расходы на содержание ПА в год включают следующие виды затрат ( $C_{pt}$ , руб.):

$$C_{pt} = C_{am} + C_{kr} + C_{tr} + C_{otv} + C_{el} + C_{sh} ,$$

где  $C_{am}$  – амортизационные отчисления в год, руб.;

$C_{kr}$  – капитальный ремонт, руб.;

$C_{tr}$  – текущий ремонт и техническое обслуживание, руб.;

$C_{otv}$  – огнетушащие вещества, руб.;

$C_{el}$  – электрическая энергия, руб.;

$C_{sh}$  – шины, руб.

$$C_{pt} = 50000 + 45000 + 40000 + 180000 + 20000 + 30000 = 325000 .$$

Расходы на ПА в год составляют ( $R_1$ , руб.):

$$R_1 = G * N_1 * C_{pt} = 12392 * 3600000 * 325000 = 3937392 .$$

Расчет заработной платы обслуживающего персонала LUF-60 ( $N_2$ , руб.):

$$N_2 = H_2 * T_2 * K_2 = 6 * 20000 * 12 = 1440000,$$

где  $H_2$  – количество пожарных (3 смены по 2 человека);

$T_2$  – среднемесячная заработная плата одного пожарного, руб.;

$K_2$  – количество месяцев.

Расчет расхода на содержание робота LUF-60:

Эксплуатационные расходы на содержание робота LUF-60 в год включают следующие виды затрат ( $C_{luf}$ , руб.):

$$C_{luf} = C_{am} + C_{kr} + C_{tr} + C_{otv} + C_{el} + C_{sh} ,$$

где  $C_{am}$  – амортизационные отчисления в год, руб.;

$C_{kr}$  – капитальный ремонт, руб.;

$C_{tr}$  – текущий ремонт и техническое обслуживание, руб.;

$C_{otv}$  – огнетушащие вещества, руб.;

$C_{el}$  – электрическая энергия, руб.;

$C_{sh}$  – шины, руб.

$$C_{luf} = 15000 + 40000 + 30000 + 170000 + 60000 + 40000 = 355000.$$

Расходы на робота LUF-60 в год составляют ( $R_2$ , руб.):

$$R_2 = N_2 * C_{luf} = 1440000 * 355000 = 1795000 .$$

Разница расходов на ПА и LUF-60 за 5 лет использования ( $V$ , млн.руб.):

$$V = (H_1 * 5 R_1) - (S_2 * 5 R_2) = (15 * 5 * 3,93) - (10 * 5 * 1,79) = 15,7$$

где  $s_1$  – стоимость ПА, руб.;

$s_2$  – стоимость робота LUF-60, руб.;

$R_1$  – расходы на ПА в год, руб.;

$R_2$  – расходы на робота LUF-60 в год, руб.

Таким образом, внедрение робота LUF-60 на нефтеперерабатывающие предприятия позволит снизить затраты и повысить уровень безопасности. Для того чтобы быть конкурентоспособными на мировых рынках и увеличить свою прибыль, нефтеперерабатывающие предприятия стремятся к снижению затрат и повышению эффективности производства. С помощью роботизированной техники возможно добиться не только оптимизации производства, но и повышения уровня безопасности.

### Список литературы

1. Методические рекомендации по тактике применения наземных РТС при тушении пожаров. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2015.
2. LUF 60 — гусеничный беспилотный пожарный робот [Электронный ресурс]: URL: <https://www.sciencedebate2008.com/luf-60-firefighting-support-vehicle/> (дата обращения 20.09.2019).
3. Горбань Ю. И. Пожарные роботы и ствольная техника в пожарной автоматике и пожарной охране М.: Пожнаука, 2013. 56 с.
4. Пожарный робот дымоудаления и пожаротушения LUF 60 [Электронный ресурс]: URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozharnye-robot-dymoudaleniya-i-tusheniya-pozhara-luf-60/> (дата обращения 17.03.2019).
5. Юревич Е.И., Основы робототехники.. 3-е изд., - СПб.: БХВ-Петербург, 2010 - 386 с.
6. Разработка методических рекомендаций по применению в системе МЧС России робототехнических средств при проведении аварийно-спасательных работ и пожаротушения: отчет по НИР «РТС-Применение». / С. Г. Цариченко, М. В. Савин, А. П. Мозговой, Е. В. Павлов. - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2012. - 70 с.

### References

1. Methodical recommendations on tactics of application of ground RTS at suppression of fires. M.: FGBU VNIPO MCHS Russia, 2015.
2. LUF 60 – tracked unmanned fire robot [Electronic resource]: URL: <https://www.sciencedebate2008.com/luf-60-firefighting-support-vehicle/> (date of access 20.09.2019).
3. Gorban' U.I. Fire-fighting robots and conventional technique in fire automatics, and fire protection. M.: Pozhnauka, 2013. 56 p.
4. Fire fighting robot smoke removal and fire fighting LUF 60 [Electronic resource]: URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pozharnye-robot-dymoudaleniya-i-tusheniya-pozhara-luf-60/> (date of access 17.09.2019).
5. Yurevich E.I., Basics of robotics. 3 edition., - SPB.: BHV- Petersburg, 2010 – 386 p.
6. Development of methodological recommendations for the use of robotic means in the Russian emergencies Ministry system during emergency rescue and fire fighting: report on RTS-Application research. / S. G. Carichenko, M. V. Savin, A. P. Mozgovoï, E. V. Pavlov. - M.: FGBU VNIPO MCHS Russia, 2012. - 70 p.