

БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГРУЗОПОДЪЁМНОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Спирин, ст. преподаватель, В.С. Шкрабак, д.т.н., профессор

Санкт-Петербургский государственный аграрный университет
196600, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 7, тел.: 8 (921) 447-69-80

E-mail: tonya.spirina@mail.ru

Аннотация. Занимаясь вопросом безопасности строительного производства, следует уделять особое внимание производственному травматизму и понимать причины вызывающие это явление. На примере эксплуатации грузоподъёмной техники, причинами аварийности могут быть случайные факторы, не учтенные при проектировании данной конструкции (погодные условия, низкая квалификация персонала, ошибки при техническом устройстве оборудования). Для обеспечения безопасной эксплуатации необходимы технические решения снижающие риск травматизма среди людей, задействованных в строительном процессе. Данное решение предложено авторами и отражено в данной статье.

Abstract. When dealing with the issue of safety of construction production, you should pay special attention to industrial injuries and understand the causes of this phenomenon. On the example of the operation of lifting equipment, the causes of accidents may be random factors that were not taken into account when designing this structure (weather conditions, low qualification of personnel, errors in the technical device of the equipment). To ensure safe operation, technical solutions are needed that reduce the risk of injuries among people involved in the construction process. This solution is proposed by the authors and reflected in this article.

Строительство является одной из важнейшей отраслей народного хозяйства нашей страны. Оно обеспечивает экономическое развитие смежных отраслей производства, повышает производительность общественного труда, улучшает качество жизни населения. Строительная сфера находится на третьем месте по количеству занятых людских ресурсов по видам экономической деятельности (по данным Росстата) на начало 2019 года, рисунок 1 [1]

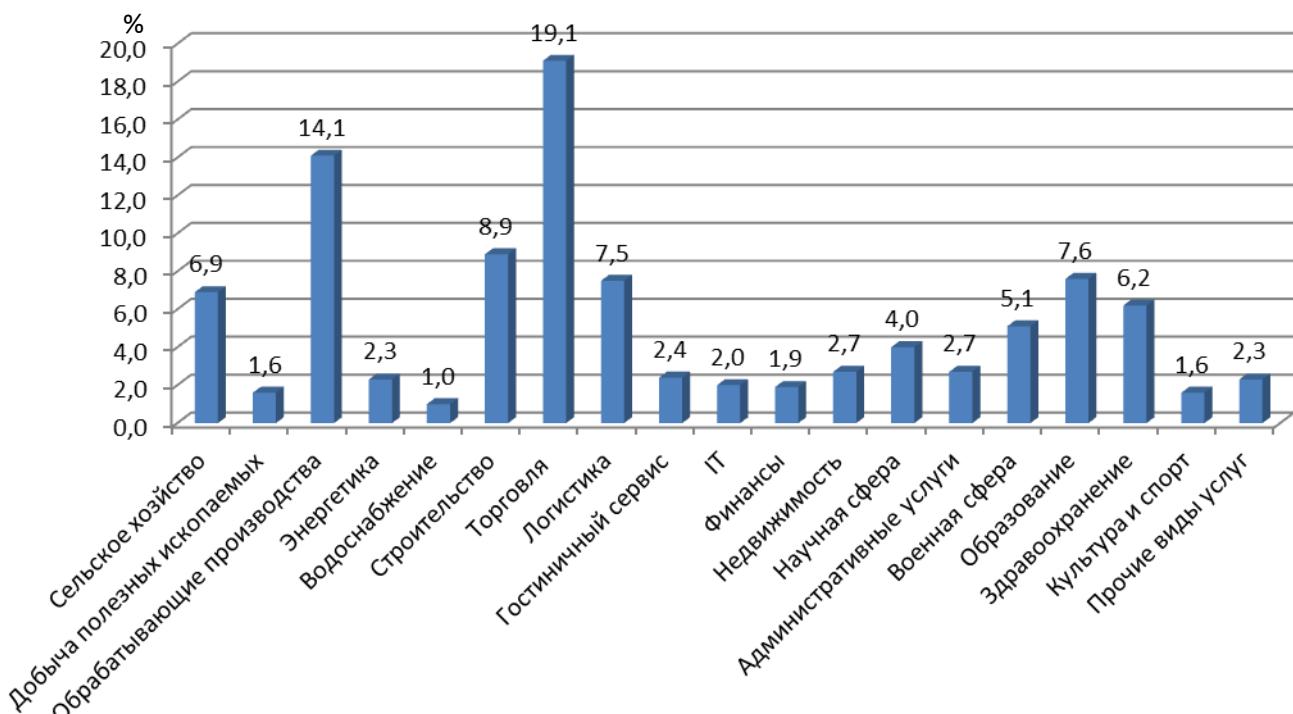


Рисунок 1 – Среднегодовая численность занятых в России по видам экономической деятельности на начало 2019 года в %

При наличии на строительных площадках тяжёлой грузоподъёмной техники, данная сфера производства становится опасным производственным объектом (ОПО) 4 класса опасности (согласно п. 6 Приложения 2 ФЗ № 116 от 21.06.1997). Только на 2018 год по данным Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору на поднадзорных объектах произошло 44 аварии и 30 несчастных случаев со смертельным исходом. Наибольшее количество аварий на ОПО с подъемными сооружениями в 2018 году (30 аварий, что составляет 91 % от общего количества) произошло при эксплуатации грузоподъемных кранов, 3 аварии (9 % от общего количества) — при эксплуатации подъемников (вышек). Наибольшее количество аварий в 2018 году, как и в 2015–2017 годах, возникло при использовании башенных кранов, это 14 (47 %) из 30 аварий. Остальные аварии произошли: 6 (20 %) при эксплуатации гусеничных кранов, 3 (10 %) при использовании автомобильных кранов, по 2 аварии (7 %) при использовании мостовых кранов, это отражено на рисунке 2. [2]

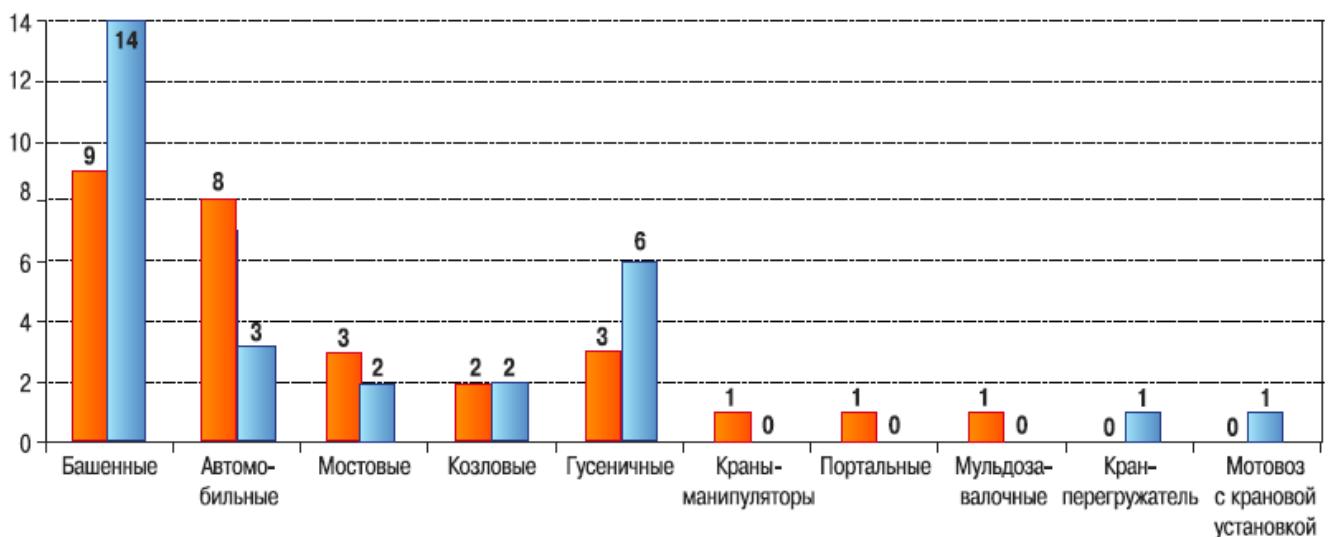


Рисунок 2 – Распределение аварий грузоподъемных кранов в 2017 и 2018 годах.

Основные причины аварий и несчастных случаев вызванные падением башенных кранов в 2018 году приведенные в «Годовом отчёте о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2018 год» следующие:

- эксплуатация технически-неисправного грузоподъёмного сооружения (неисправны ограничители рабочих движений, выработка краном нормативного срока службы);
- не соблюдение требований производственной безопасности (превышении паспортных характеристик крана);
- эксплуатация крана при шквалистом ветре, превышающем предельно допустимую скорость;
- не соблюдение требований производственных и должностных инструкций (отсутствие производственного контроля, планового и текущего ремонта крана). [3]

В результате, чтобы снизить повышенный производственный риск для здоровья людей в строительстве, необходимо ввести ряд мер по улучшению качества обслуживания грузоподъёмной техникой и улучшить производственную безопасность людей, задействованных в данном процессе.

Для решения данного вопроса были рассмотрены конструктивные особенности башенного крана, в результате которых выявлено, что эффективная и безопасная его работа возможна только при обеспечении дополнительного запаса по устойчивости, при учёте

воздействия различных случайных факторов и нагрузок, при минимальном воздействии человеческого фактора.

На сегодняшний день разработано ряд инженерных, патентных решений, обеспечивающих безопасность при эксплуатации грузоподъёмных кранов за счет повышения надежности конструкций и предотвращения их опрокидывания. Грузоподъемные краны оснащаются дополнительным оборудованием, обеспечивающим устойчивость крана при эксплуатации и позволяющим увеличить массу поднимаемого груза. [4] Но данные решения имеют конструктивную сложность в исполнении, т.к. необходимо перемещение функционального оборудования и стрелы, являются громоздкими и тяжелыми из-за увеличения дополнительного оборудования, что снижает их манёвренность, так же невозможно использование данных решений и для башенных кранов.

Для обеспечения надежности и эффективности эксплуатации грузоподъемных кранов за счёт предотвращения опрокидывания крана возникает необходимость в упрощении конструкционных особенностей противоопрокидывания предложенных решений. Это возможно за счет обеспечения устойчивости башенного крана путем увеличения коэффициента противопрокидывания за счет увеличения плеча противоопрокидывающего (удерживающего) момента при автоматическом изменении расстояния от оси опоры крана до противовеса и восстановления центра тяжести внутри его опорного контура, рисунок 3.

$$M_{opr} = Q_{opr} \cdot L_{opr}$$

$$M_{уд} = Q_{кр} \cdot L_1 + Q_{против} \cdot \Delta L ; \Delta L = L_2 + L_{удл}$$

$k = M_{уд} / M_{опр}$, где $M_{уд}$ – удерживающий момент, $M_{опр}$ – момент опрокидывания.

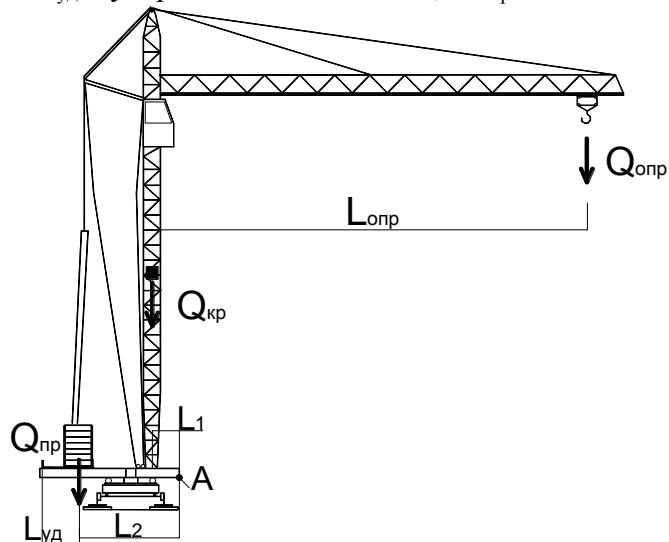


Рисунок 3 – Определение устойчивости грузоподъемного крана: $Q_{\text{опр}}$ – вес опрокидывания (масса груза), $L_{\text{опр}}$ – вылет стрелы, $Q_{\text{кр}}$ – вес крана, $Q_{\text{пр}}$ – вес противовеса, L_1 – расстояние от башни грузоподъемного крана до ребра опрокидывания, L_2 – расстояние от первоначального положения противовеса до ребра опрокидывания, $L_{\text{уд}}$ – расстояние перемещения противовеса, А – ребро опрокидывания.

Увеличение коэффициента противопроломления за счет удлинения плеча удерживающего момента обеспечивает простоту в исполнении конструкций грузоподъёмного крана, без его существенных изменений, т.к. не требуется дополнительных установок противовесов на башенный грузоподъёмный кран, увеличивающих его массу. Данное решение было отражено авторами в патенте на полезную модель № 152997 [5]. Суть её заключается в следующем: для уравновешивания грузового момента, который определяется как поднимаемый краном груз на вылет стрелы, необходимо добавить дополнительное плечо к удерживающему кран от опрокидывания моменту. Данное дополнительное плечо будет обеспечиваться за счёт подвижного противовеса, установленного на ролики на поворотной платформе. При срабатывании датчика крена,

установленного на кране, подаётся сигнал к гидроцилиндрям и происходит перемещение противовеса, вылет которого обеспечивает дополнительную устойчивость башенного крана. В результате за счёт уравновешивания удерживающего и опрокидывающего момента будет обеспечено равновесие центра тяжести башенного крана, что способствует его устойчивости.

На примере крана КБ-403ПС был предложен сравнительный анализ грузовой устойчивости крана до и после применения подвижного противовеса. Данные расчёта вылета стрелы изображены графически на рисунке 4.

При расчёте опрокидывающего момента, определялись такие характеристики как: максимальная масса поднимаемого груза – 8т, максимальный вылет стрелы – 30м. В результате опрокидывающий момент составил: $240\text{т} \cdot \text{м}$. Удерживающий момент определялся в случае использования подвижного противовеса с его перемещением на 4,5м от оси вращения крана, как: $M_{уд} = Q_{кп} \cdot L_1 + Q_{против} \cdot \Delta L$, где $\Delta L = L_2 + L_{удл}$ и без него: $M_{уд} = Q_{кп} \cdot L_1 + Q_{против} \cdot L_2$. Удерживающий момент в случае с подвижным противовесом составил – $275\text{т} \cdot \text{м}$, без его передвижения - $240\text{т} \cdot \text{м}$. Соответственно в первом случае коэффициент запаса устойчивости принимает значение – 1,146, во втором – 1.

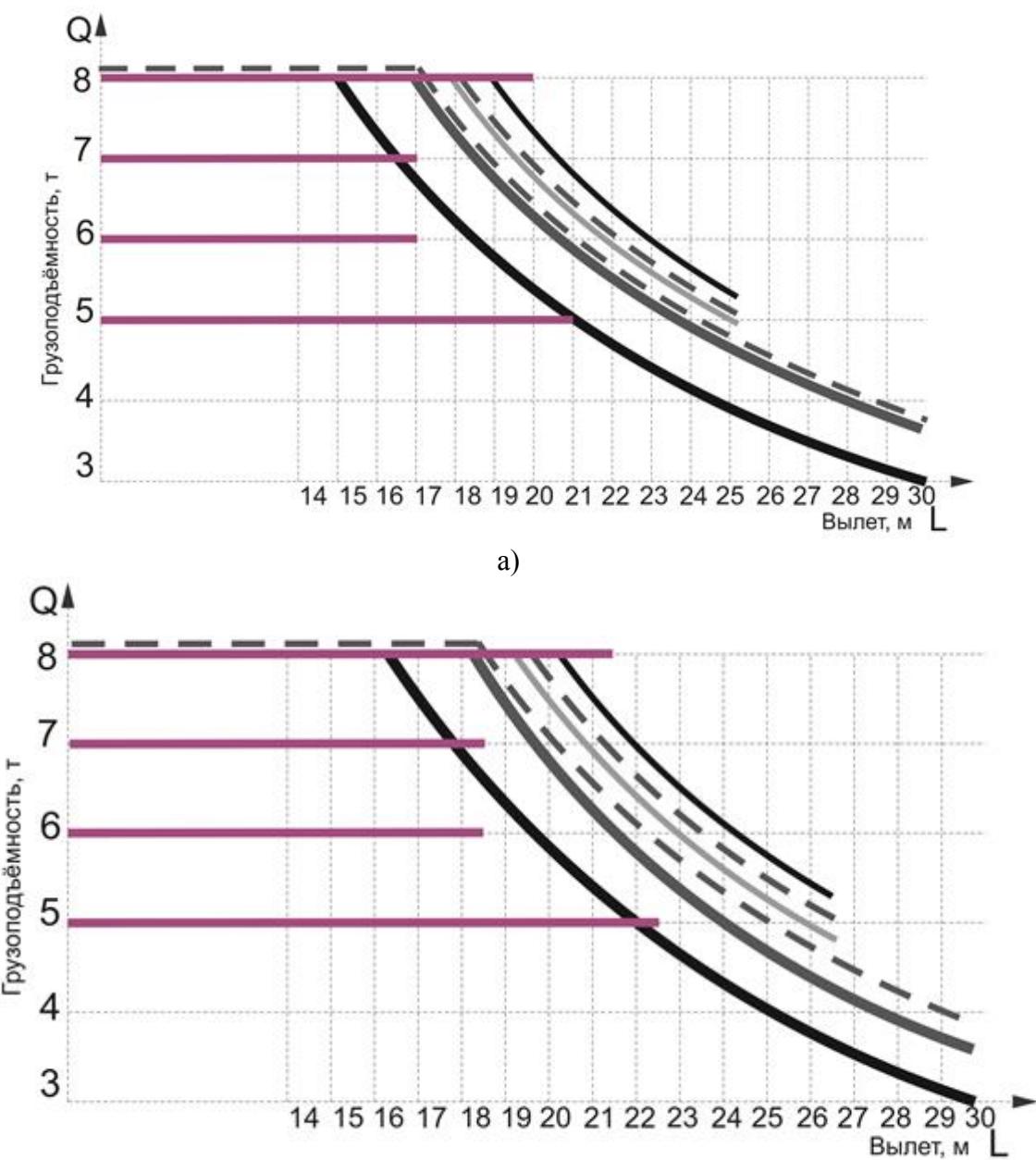


Рисунок 4 – График грузовой устойчивости крана КБ-403 ПС: а) до применения подвижного противовеса; б) после применения подвижного противовеса.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение подвижного противовеса увеличивает грузовую устойчивость башенного крана, посредством увеличения грузового момента.

Данная модель обеспечивает безопасность труда участников строительного процесса, а так же повышает безопасность работы на грузовом кране за счет обеспечения устойчивости башенного крана; снижает риск воздействия человеческого фактора на управляющее воздействие краном в процессе перегруза.

Л и т е р а т у р а

1. **Федеральная служба государственной статистики.** Среднегодовая численность занятых в России по видам экономической деятельности (на начало 2019 года). URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/trud/graf1b.htm (дата обращения: 25.04.2020).
2. **Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.** Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 25.04.2020), с. 261
3. **Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору.** Годовой отчет о деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. URL: http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/ (дата обращения: 25.04.2020), с. 264
4. **Барсов И.П., Станковский А.П.** Строительные машины и их эксплуатация: Москва «Высшая школа», 2012.
5. **Патент РФ на полезную модель №152997 В 66 С 23/76.** Башенный грузоподъемный кран. Шкрабак В.С., Спирина А.В. и др.; Заявка: 2014142713/11, 22.10.2014; Опубликовано: 27.06.2015 Бюл. №18.