



Ведущие специалисты Союзного государства России и Беларуси, работающие на передовых промышленных предприятиях, в вузах и научных учреждениях, проводят непрерывные совместные исследования в высших учебных заведениях области безопасности эксплуатации объектов техносферы.

Проблема обеспечения безопасности и защищенности объектов техносферы и населения имеет приоритетное значение, причем ее важность постоянно возрастает связи с усложнением технических объектов. Совершенно очевидно, что без фундаментальных научных исследований добиться выполнения целей и задач в этой сфере не представляется возможным.

Используемые ранее традиционные нормы и правила проектирования, строительства и эксплуатации не отражали в полной мере опасностей возникновения и развития аварийных и катастрофических ситуаций. Только в последние десятилетия в полной мере была осознана необходимость перехода к новым методам оценки ресурса, живучести, риска и безопасности. Это обстоятельство обусловило переход к постановке и решению новых фундаментальных задач механики катастроф, включающих в себя задачи анализа напряженно-деформированных и предельных состояний элементов конструкций в заведомо нелинейной постановке, задачи физического и математического моделирования сценариев их эксплуатации и оценки рисков возникновения и развития в них аварий и катастроф.

В связи с этим в союзном государстве пропорционально увеличивается объем научных исследований и прикладных разработок по комплексным проблемам обеспечения безопасности населения и среды жизнедеятельности, а также по подготовке и переподготовке специалистов по этим проблемам. Результаты этих исследований и разработок отражены в ряде концептуальных положений, федеральных и государственных законов России и Беларуси, а также в публикациях специалистов (например, [1]).

Для России и Беларуси в ближайшей и отдаленной перспективе вопросы обеспечения безопасности техносферы будут приобретать большее значение в таких областях техники и промышленности, как атомная и тепловая энергетика, транспорт (железнодорожный и автомобильный), сельскохозяйственное машиностроение, нефтегазохимия, оборонный комплекс.

В основу научно-исследовательских работ в области теории и практики комплексной безопасности положен риск-ориентированный подход [2]. При этом внимание должно быть уделено обоснованию и обеспечению безопасности критически и стратегически важных объектов и инфраструктур. Обеспечение жизнедеятельности и защиту от опасностей следует осуществлять на основе многопараметрического анализа функционирования сложной С-П-Т-системы, включающей социальную, природную и техногенную сферы.

В рамках риск-ориентированного подхода вводятся следующие коэффициенты запаса:  $n_{\sigma}$  – по напряжениям;  $n_N$  – по циклической долговечности;  $n_{\tau}$  – по временной долговечности;  $L(\tau)$  – по живучести с оценкой трещиностойкости;  $P(\tau)$  – по целостности и надежности с оценкой вероятности;  $S(\tau)$  – по безопасности;  $R(\tau)$  – по рискам. В риск-ориентированном подходе риски  $R(\tau)$  не должны превышать допустимых, а защищенность  $Z(\tau)$  от аварий и катастроф определяется достигнутым уровнем безопасности.

Показатель риска  $R(\tau)$  является наиболее важным как для безопасности  $S(\tau)$ , так и для защищенности  $Z(\tau)$ . При этом следует учитывать, что риски  $R(\tau)$  будут непрерывно и пропорционально увеличиваться по мере увеличения срока эксплуатации  $\tau$  системы, поскольку в системе при этом закономерно происходит накопление эксплуатационных повреждений  $d(\tau)$  (рис. 1) [3].

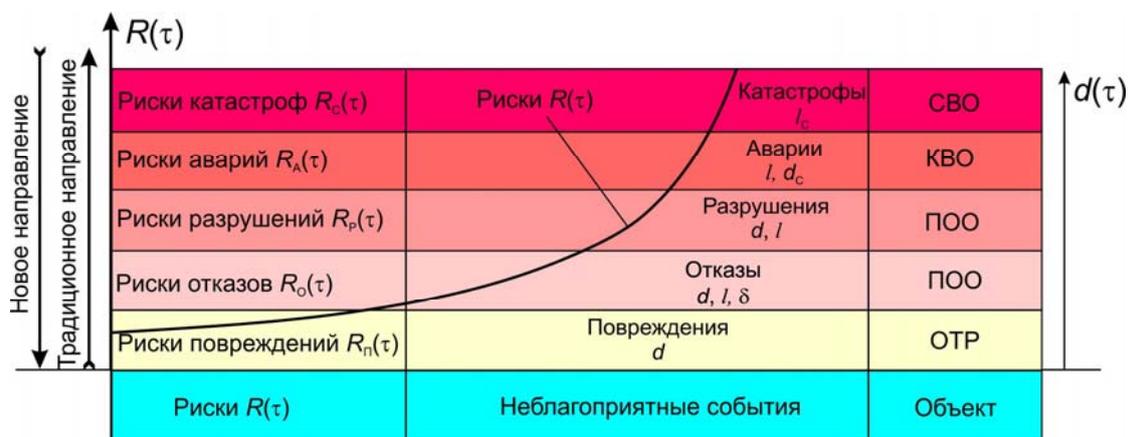


Рис. 1. Уровни анализа опасных состояний объектов

Эти повреждения на определенной стадии жизненного цикла переходят в отказы (с развитием трещин  $l$  и уменьшением несущих сечений  $\delta$ ), в частичные разрушения несущих элементов при повышенных параметрах  $d$  и  $l$ . Такие разрушения создают аварийные ситуации при критических повреждениях  $d_c$  и развитых трещинах  $l$ , которые могут переходить в катастрофы при критических (разрушающих) размерах трещин  $l_c$ .

По мере повышения ответственности и важности функционирующих технических систем возрастает опасность последовательности переходов опасных состояний: от массовых объектов технического регулирования (ОТР) к серийным потенциально опасным объектам (ПОО) и далее к мелкосерийным критически важным объектам (КВО) и уникальным стратегически важным объектам (СВО). Показатель риска для каждого из рассматриваемых объектов свой –  $R_n(\tau)$ ,  $R_o(\tau)$ ,  $R_p(\tau)$ ,  $R_A(\tau)$ ,  $R_c(\tau)$ .

Для оценки экономических рисков в С-П-Т-системе справедливым оказывается суммирование рисков:

$$R(\tau) = R_c(\tau) + R_n(\tau) + R_T(\tau). \quad (1)$$

Для техногенных аварий и катастроф определяющими являются неконтролируемые выбросы (выходы) за пределы соответствующих объектов:

- опасных химических, биологических, радиационных веществ  $W$ ;
- опасных кинетических, взрывных, тепловых, сейсмических, аэрогидродинамических потоков энергии  $E$ ;
- опасных искаженных, поврежденных потоков управляющей и контролирующей информации  $I$ .

Тогда по аналогии с (1) можно записать:

$$R(\tau) = R_W(\tau) + R_E(\tau) + R_I(\tau). \quad (2)$$

Использование риск-ориентированного подхода для оценки комплексной безопасности будет способствовать успешной реализации современных подходов к проектированию и эксплуатации критически и стратегически важных объектов и инфраструктур.

## Литература

1. Махутов, Н. А. Обоснование безопасности эксплуатации объектов техносферы с использованием критериев риска / Н. А. Махутов, М. М. Гаденин, Л. А. Сосновский // Вестн. Белорус. гос. ун-та трансп. Наука и транспорт. – 2016. – № 1 (32). – С. 67–73.
2. Сосновский, Л. А. L-риск / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2004. – 317 с.
3. Махутов, Н. А. Динамическое напряженно-деформируемое состояние и повреждаемость режущего инструмента комбайна / Н. А. Махутов // Живучесть и конструкционное материаловедение : науч. тр. VI Междунар. конф. SSMS–2022, Москва, 9–11 нояб. 2022 г. – М. : ИМАШ РАН им. А. А. Благонравова, 2022. – С. 227–232.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА КОСИЛКИ-ПЛЮЩИЛКИ КС-200

Н. С. Селиверстов, Д. Г. Кудренко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель В. Б. Попов

*Проведено математическое моделирование механизма подъема косилки-плющилки КС-200. Полученная функциональная математическая модель позволяет как провести анализ механизма подъема, так и обеспечить одно из условий его синтеза.*

**Ключевые слова:** косилка-плющилка, механизм подъема, математическое моделирование.

Косилка-плющилка КС-200 предназначена для кошения и плющения трав. Одним из основных агрегатов косилки КС-200 является ее подъемно-навесное устройство, объединенное с механизмом вывешивания, закрепленное на раме КС-200 и связывающее энергоноситель с адаптером (жаткой).

Подъемно-навесное устройство состоит из гидропривода и механизма подъема (МП) адаптера, причем звенья МП одновременно являются компонентами механизма вывешивания адаптера. Автоматизированное проектирование КС-200 предполагает рациональный выбор параметров МП [1–4].

Задачей данной статьи является математическое моделирование МП, которое позволит обоснованно назначить размеры его звеньев (рис. 1).

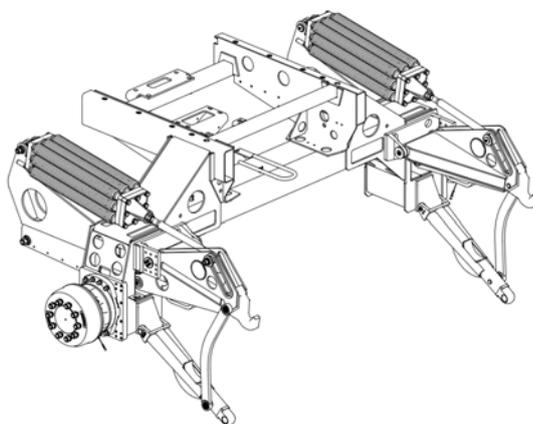


Рис. 1. Общий вид подъемно-навесного устройства косилки КС-200