

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-14-0317**

**Inteligentný systém na identifikáciu nebezpečenstva v komplexných výrobných procesoch**

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Ľudovít Jelemenský, DrSc.**

Príjemca **Slovenská technická univerzita v Bratislave - Fakulta chemickej a potravinárskej technológie**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav chemického a environmentálneho inžinierstva  
Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Nie je

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Nie sú

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

DANKO, Matej - JANOŠOVSKÝ, Ján - LABOVSKÝ, Juraj - JELEMENSKÝ, Ľudovít. Integration of process control protection layer into a simulation-based HAZOP tool. In Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol. 57, (2019), p. 291-303. ISSN 0950-4230 (2017: 1.982 - IF, 2 - JCR Best Q, 0.808 - SJR, Q1 - SJR Best Q). In database: CC: 000457949500031.

DANKO, Matej - JANOŠOVSKÝ, Ján - LABOVSKÝ, Juraj - JELEMENSKÝ, Ľudovít. Fault propagation behavior study of CSTR in HAZOP. In Chemical Papers. Vol. 72, iss. 3 (2018), p. 515-526. ISSN 0366-6352 (2017). In database: CC: 000425783100001.

JANOŠOVSKÝ, Ján - DANKO, Matej - LABOVSKÝ, Juraj - JELEMENSKÝ, Ľudovít. The role of a commercial process simulator in computer aided HAZOP approach. In Process Safety And Environmental Protection. Vol. 107 (2017), p. 12-21. ISSN 0957-5820 (2017: 3.441 - IF, 1 - JCR Best Q, 0.804 - SJR, Q1 - SJR Best Q). In database: CC: 000401201200002 ; DOI: 10.1016/j.psep.2017.01.018.

JANOŠOVSKÝ, Ján - DANKO, Matej - LABOVSKÝ, Juraj - JELEMENSKÝ, Ľudovít. Software approach to simulation-based hazard identification of complex industrial processes. In Computers & Chemical Engineering. Vol. 122 (2019), p. 66-79. ISSN 0098-1354 (2019: 3.113 - IF, 1.024 - SJR, Q1 - SJR Best Q). DOI: 10.1016/j.compchemeng.2018.05.021.

### Uplatnenie výsledkov projektu

Vytvorený softvér na identifikáciu nebezpečných stavov v chemickom procese je pripravený na testovanie v chemickom podniku.

**Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)**

V rámci projektu bolo navrhnuté softvérové riešenie využívajúce matematické modely a počítačové simulácie na počítačom podporovanú identifikáciu procesného nebezpečenstva. Ako simulačné platformy boli vybrané softvéry Aspen HYSYS a MATLAB. Procedúra samotnej identifikácie nebezpečenstva bola postavená na princípoch HAZOP (z angl. „Hazard and Operability“) štúdie. Analyzované boli viaceré faktory, napr. variabilita interpretácie HAZOP odchýlok ako vstupných parametrov pre simulácie, vyhodnocovanie simulačných dát, limitácie komerčného simulátora zastúpeného Aspenom HYSYS a spoľahlivosť matematického modelu a dopad nepresností v parametroch modelu na presnosť bezpečnostnej analýzy.

Softvérová metodológia využíva taktiež dynamické simulácie procesu s reguláciou a rešpektujúcu novú metodológiu zahŕňajúcu LOPA (Analýza ochranných vrstiev) princípy a integráciu Monte Carlo metód v podpore automatizovaného HAZOP-u, špeciálne v situáciách keď je potrebné uvažovať s viacerými procesnými odchýlkami v tom istom čase. Súčasťou predstavenia softvéru je i demonštrácia jeho aplikácie na tri rôzne prípadové štúdie. Vyvinuté softvérové riešenie má potenciál stať sa robustnou pomôckou pre výkon HAZOP štúdií ľudskými expertnými HAZOP tímami a dôležitým nástrojom pre proces rozhodovania sa technológov výroby, procesných inžinierov a operátorov.

**Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)**

In the project, software solution utilizing mathematical models and computer simulations for the purposes of computer aided hazard identification is proposed. Aspen HYSYS and MATLAB were selected as simulation platforms and HAZOP (Hazard and Operability) study principles were implemented into hazard identification procedure. Issues such as interpretation variability of HAZOP deviations as an input information for process simulations, simulation data evaluation, limitations of Aspen HYSYS built-in solver and mathematical model parameter uncertainties and their impact on the safety analysis results accuracy are discussed in this project.

In the project, the dynamic simulation of a process with implemented process control are also introduced into methodology with new methodology to automate HAZOP respecting LOPA (Layer of protection analysis) concept and Monte Carlo methods which support automated HAZOP, especially when multiple deviations in the study need to be considered. As a part of the software demonstration, its application to three case studies is presented. Developed software solution has a potential to become robust tool for supporting HAZOP studies led by human expert HAZOP teams and an important aid in the decision-making of process engineers and operators.