



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ  
ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ ІМ. В.С. МАРТИНОВСЬКОГО**

## **ХІІ ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА ТЕХНОЛОГІЙ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ  
MODERN PROBLEMS OF REFRIGERATION EQUIPMENT AND TECHNOLOGY**

**27-28 вересня 2019 року**

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ КОНФЕРЕНЦІЇ**



**ОДЕСА 2019**

**Сучасні проблеми холодильної техніки та технології** / Збірник тез доповідей XII Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 229 с.

У збірнику наведені матеріали XII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки та технології» та розглянуто різні аспекти науково-технічних питань, пов'язаних з проектуванням, виготовленням та експлуатацією холодильного обладнання різного призначення, дослідженням робочих тіл та процесів в елементах холодильних та криогенних систем, застосуванням нано та когенераційних технологій, використанням холоду в харчових технологіях, застосуванням і впровадженням нетрадиційних джерел енергії.

В сборнике представлены материалы XII Всеукраинской научно-технической конференции «Современные проблемы холодильной техники и технологии» и рассмотрены различные аспекты научно-технических вопросов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией холодильного оборудования различного назначения, исследованием рабочих тел и процессов в элементах холодильных и криогенных систем, применением нано и когенерационных технологий, использованием холода в пищевых технологиях, применением и внедрением нетрадиционных источников энергии.

**Голова наукового комітету** – Єгоров Богдан Вікторович – ректор Одеської національної академії харчових технологій, член-кореспондент НААН України, Заслужений діяч науки і техніки, д-р техн. наук, професор.

**Заступник голови** – Косой Борис Володимирович – директор Інституту холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського, д-р техн. наук, професор.

**Члени наукового комітету:**

Ванєєв Сергій Михайлович - Сумський державний університет, к.т.н., доцент;

Василенко Сергій Михайлович - Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор;

Железний В.П. - зав. кафедрою теплофізики та прикладної екології ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Лабай Володимир Йосипович - Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор;

Лавренченко Г.К. - д-р техн. наук, професор;

Мілованов В.І. - зав. кафедрою компресорів та пневмоагрегатів ОНАХТ, заслужений діяч науки і техніки України, д-р техн. наук, професор;

Морозюк Л.І. - д-р техн. наук, професор;

Потапов Володимир Олексійович - Харківський державний університет харчування і торгівлі, д.т.н., професор;

Радченко М.І. - зав. кафедрою кондиціонування і рефрижерації НУК, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Семенюк В.А. - к.т.н., директор НПФ «Терміон»;

Симоненко Ю.М. - зав. кафедрою кріогенної техніки ОНАХТ, д-р техн. наук, професор;

Снежкін Юрій Федорович - директор Інституту технічної теплофізики, д.т.н., академік НАНУ

Ткаченко Станіслав Йосипович - д.т.н., професор Вінницького національного технічного університету;

Хмельнюк М.Г. - зав. кафедрою холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ, академік Міжнародної академії холоду, д-р техн. наук, професор;

Щит Михайло Львович - к.т.н., пров. наук. спів. Інституту енергетики Академії Наук Молдови.

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ**

Голова – проф. Хмельнюк М.Г.

Науковий секретар – к.т.н. Зімін О.В.

Члени – к.т.н. Жихарєва Н.В., к.т.н. Когут В.Є., к.т.н. Яковлева О.Ю., к.т.н. Желіба Ю.О., к.т.н. Остапенко О.В., к.т.н. Подмазко О.С.

## ТЕМИ ДОКЛАДОВ ПЛЕНАРНОГО ЗАСІДАННЯ

### 110 РОКІВ ПРОФЕСОРУ ЧУКЛІНУ СЕРГІЮ ГРИГОРОВИЧУ (1909-1974)

#### **ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ, МЕТОДЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ КОМФОРТНОГО И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Н.И. Радченко, д.т.н., проф., Е.И. Трушляков, к.т.н., проф., А.Н. Радченко, к.т.н., доц.,  
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, Україна

#### **АЗОТНЫЕ ГАЗИФИКАЦИОННЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ**

Кириченко И.В., технический директор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса;  
Леонтьев А.А., главный конструктор ПКФ «Криопром» ООО, г. Одесса.  
e - mail: info@krioprom.com.ua

#### **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ КОМФОРТНОГО І ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Жихарева Н.В., к.т.н., доц., Одеська національна академія харчових технологій

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                               | стр. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>СЕКЦІЯ № 1. ХОЛОДИЛЬНА ТЕХНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ.<br/>КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.</b>                                                             |      |
| 1. УТИЛІЗАЦІЯ ТЕПЛОТИ РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ГАЗІВ СУДНОВОГО ДВИГУНА ЕЖЕКТОРНОЮ ХОЛОДИЛЬНОЮ МАШИНОЮ З ОХОЛОДЖЕННЯМ ПОВІТРЯ НА ВХОДІ                  | 10   |
| 2. ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ                                                                                 | 14   |
| 3. СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ                                                                      | 17   |
| 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В АЕРОТЕРМОПРЕСОРИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CFD МОДЕЛЮВАННЯ                                               | 20   |
| 5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ АЭРОТЕРМОПРЕССОРНОГО АПАРАТА ДЛЯ СИСТЕМ КОНТАКТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ                       | 22   |
| 6. МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ                                                                       | 24   |
| 7. ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОГО ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ В КОНКРЕТНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ                   | 28   |
| 8. ПОДХОД К АНАЛИЗУ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОДОПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ                                             | 32   |
| 9. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ КОМБІНОВАНОГО ТИПУ                                                     | 36   |
| 10. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПОВІТРЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ ГАЗОПОРШНЕВОЇ УСТАНОВКИ                                                           | 41   |
| 11. ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРИГЕНЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ АВТОНОМНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ                                                                    | 46   |
| 12. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗУЮЩИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА НА ВХОДЕ ГТУ В РАЗНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ | 52   |
| 13. ТЕПЛОНАСОСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ СУДНОВИХ ДВЗ                                                                                   | 54   |
| 14. ВПЛИВ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА НА ПАЛИВНУ ЕФЕКТИВНІСТЬ                                            | 57   |
| 15. UKRAINIAN ENERGY POLICY DEVELOPMENT. INTERNATIONAL EXPERIENCE                                                                             | 60   |
| 16. THE CYCLE ENSURING UNINTERRUPTED OPERATION OF THE CONTACT HEAT EXCHANGER                                                                  | 62   |
| 17. ОХОЛОДЖЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ                                                                                              | 64   |
| 18. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ БЫТОВОЙ АБСОРБЦИОННОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ                                    | 67   |

## СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ СЖИГАНИИ ВОДОТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

**В.С. Корниенко, к.т.н., доцент, Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова, Херсонский филиал, Херсон, kornienkovika1987@gmail.com**

Введение. Требования международных организаций в области охраны окружающей среды, уменьшения тепловых потерь и выбросов при сжигании органических топлив, повышение экономичности и надежности работы энергетических установок остро ставят вопрос разработки комплексной технологии решения указанных задач на всех этапах: подготовки топлива к сжиганию; самого процесса горения; снижения скорости низкотемпературной коррозии (НТК), глубокой утилизации с использованием не только явной теплоты, но и теплоты конденсации паров  $H_2SO_4$  и  $H_2O$ , содержащиеся в выхлопных газах; очистки газов от токсичных ингредиентов. Это требует соответствующей организации физико-химических процессов.

Анализ литературных данных и постановка проблемы. В данное время широко применяются физико-механические и физико-химические методы, способы и оборудование для очистки выхлопных газов от загрязняющих веществ и содержащихся в них вредных примесей [1-3].

К наиболее известным и широко применяемым за рубежом технологиям снижения концентрации загрязняющих веществ в выхлопных газах энергетических установок относятся: технологии фирмы Alfa Laval (Aalborg Industries) [1]; технологии, предлагаемые фирмой Wärtsilä [2]; технология CSNOx фирмы Ecospec [3]. В качестве прототипа [3], рассматривается система очистки выхлопных газов CSNOx, разработанная компанией "Ecospec Global Technology", которая в отличие от ранее рассмотренных технологий, позволяет более интенсивно и одновременно снижать содержание трех токсичных ингредиентов -  $SO_2$ ,  $CO_2$  и  $NO_x$ . В прототипной технологии не учитываются вопросы надежности работы газового тракта элементов энергетической установки, возможности увеличения глубины утилизации теплоты выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) за счет снижения их температуры ниже температуры точки росы (ТТР) паров серной кислоты ( $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и водяных паров (ниже  $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и улавливания твердых частиц до скрубберов. Последовательность технологических процессов очистки потока газов не учитывает изменение условий в газовом тракте самого энергетического оборудования (ДВС, котлы), начиная от зоны горения топлива и до выхода газов из этих элементов энергетической установки.

Целью исследования является разработка технологии комплексной очистки выхлопных газов ДВС. Возможность решения сложных задач в предлагаемой технологии обеспечивается сжиганием водотопливных эмульсий (ВТЭ) со специально рекомендованным значением содержания воды ( $W^r = 30\%$ ). Такой состав ВТЭ существенно влияет не только на протекание тепловых и физико-химических процессов по всему пути агрегатов сжигания топлива, но и направляет их в необходимом направлении.

Для решения задач по технологии предложенного способа предусмотрено 6 этапов технологического процесса: 1) подготовка воды необходимого качества для приготовления ВТЭ с целью обеспечения условий сжигания ВТЭ с водосодержанием около  $30\%$ ; 2) сжигание ВТЭ соответствующего качества с водосодержанием около  $30\%$ , что приводит к получению эквивалентного или близкого к нему соотношения  $NO_2:NO$  в выхлопных газах на выходе из зоны горения, обеспечивающего снижение НТК, а также снижения эмиссии  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ; 3) установка конденсационных низкотемпературных поверхностей нагрева (НТПН), на поверхности которых создаются условия пассивации поверхности металла и резкого снижения интенсивности НТК, а также условия со стороны газов и в конденсате для интенсификации абсорбции  $NO_x$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$ ; 4) продолжение интенсификации абсорбции на конденсационных поверхностях газоходов до

скрубберной части (при обеспечении условий надежной работы металла) или поддержание температуры металла этих газоходов выше ТТР  $\text{H}_2\text{SO}_4$  без абсорбции  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , но при обеспечении надежности работы (при низком уровне НТК); 5) применение интенсивных скрубберных технологий с применением процессов активизации абсорбции  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ; 6) защита металла газоходов после скрубберов.

Результаты исследований. Как показали проведенные нами научные исследования, связанные с развитием тепловых и физико-химических процессов в элементах СЭУ, первостепенным и решающим фактором для решения поставленных задач в разработке комплексной системы улучшения экологических показателей, уменьшения коррозии и тепловых потерь, повышение экономической эффективности является организация процесса сжигания в ДВС ВТЭ (на основе сернистых топлив) с водосодержанием около 30 % (второй этап). Для выполнения задачи активизации абсорбционных свойств выхлопных газов необходимо обеспечить эквимолярное (или близкое к этому) соотношение  $\text{NO}_2 : \text{NO}$  в газах. Как показали наши исследования [4], такое соотношение (или близкое к нему) автоматически создается в конце зоны горения ВТЭ с водосодержанием  $W^T = 30\%$  вследствие влияния интенсивной турбулентности, создаваемой при микровзрывах капель ВТЭ в зоне активного горения.

При этих условиях проходит пассивация поверхности металла с температурой ниже ТТР  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и поэтому появляется возможность существенного снижения НТК конденсационной поверхности, что подтверждается полученным патентом [4]. Это дает возможность установить на выходе из утилизационного котла (УК) после ДВС НТПН с температурой поверхности ниже ТТР паров серной кислоты (температура стенки  $t_{\text{ст}}$  может поддерживаться в диапазоне 130...70 °С) (третий этап) благодаря микровзрывам при конденсации паров на НТПН. В результате вся поверхность, например, экономайзера является конденсационной, покрытой слоем мокрых (от конденсата кислоты) загрязнений. Причем концентрация серной кислоты в этом диапазоне  $t_{\text{ст}}$  также естественно (вследствие соответствующего прохождения физико-химических процессов) устанавливается на уровне 57 %, при котором наблюдается максимум абсорбции  $\text{SO}_2$ .

На интенсивность абсорбционных процессов в конденсате на НТПН в котлах и газоходах влияет наличие загрязнений на этих поверхностях [5]. Поэтому важно, как развиваются процессы загрязнения поверхностей нагрева и газоходов при сжигании ВТЭ. В слое увлажненных кислотой загрязнений происходит активизация процесса абсорбции  $\text{NO}_x$  и особенно  $\text{SO}_2$  раствором серной кислоты, имеющейся в загрязнениях. Обеспечение процесса абсорбции оксидов  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  и  $\text{CO}_2$  конденсатом серной кислоты на конденсационных поверхностях котлов рассматривается как третий этап очистки выхлопных газов от токсичных ингредиентов.

После конденсационной поверхности, установленной на выходе из УК, выхлопные газы попадают в газоход. Концентрация паров кислоты в газах становится ниже и соответственно снижается ее ТТР  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , что облегчает защиту металла газохода после конденсационной НТПН.

Важным для осуществления следующих этапов очистки выхлопных газов, оценки их коррозионного воздействия на металл газоходов паров  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $\text{H}_2\text{O}$  является то, что в ходе физико-химических процессов в слое конденсата и загрязнений, имеющихся на конденсационных поверхностях, снижается не только концентрация  $\text{NO}_x$  и, что важно, увеличивается содержание в них  $\text{NO}_2$ , что обеспечивает эквимолярных соотношение  $\text{NO} : \text{NO}_2$  в потоке газов после конденсационной теплообменной поверхности УК. Значит появляется возможность при наличии конденсата  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на внутренней металлической поверхности газохода (в районе и после НТПН) обеспечить пассивацию поверхности металла газохода при дальнейшем процессе очистки выхлопных газов от  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  по тому же механизму, что и в предыдущей конденсационной поверхности нагрева на выходе из УК (способ защиты от НТК).

Для обеспечения процесса конденсации газоход должен иметь такую толщину изоляции, чтобы обеспечить температуру стенки ниже ТТР  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в этом газоходе и перепад температур газов и стенки на уровне 10...15 °С, при котором будет проходить конденсация. При таком теплоперепаде

обеспечивается минимальный уровень коррозии и дополнительно идет процесс пассивации металла, что повышает надежность поверхностей, и, кроме того, будет обеспечена дополнительная очистка газов от  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$ . Таким образом, указанные процессы обеспечивают четвертый этап очистки выхлопных газов.

Чтобы обеспечить конечную очистку выхлопных газов от  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$  до уровня, соответствующего нормативным документами ИМО, необходимо использование скрубберных технологий [1]. С целью очистки выхлопных газов с помощью скрубберных технологий после выхода газов из УК устанавливается на газоходе мокрый скруббер последовательной очистки газов ДВС от  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{CO}_2$  при сжигании высокосернистых топлив (пятый этап).

Вследствие существенного снижения температуры выхлопных газов (ниже  $50^\circ\text{C}$ ) в скрубберах после ДВС (ГТД) и котла, в которых имеются пары воды с кислотными свойствами, возможна при этих условиях их конденсация на внутренней поверхности газоходов после скрубберов. Поэтому необходимо применить подсушку влажных выхлопных газов (шестой этап). Подсушка влажных газов после скруббера проводится за счет установки экономайзера. В трубах этих пленочных теплообменников движется горячая вода, а поперек трубок снаружи - газы.

Экспериментальные исследования показали:  $1\text{ м}^2$  конденсационной поверхности абсорбирует  $3,4\text{ мг/м}^3$   $\text{NO}_x$  и  $0,89\text{ мг/м}^3$   $\text{SO}_2$ . При этом важно, что дополнительно имеет место процесс осаждения токсичных твердых зольных и сажистых частиц: от  $150...170\text{ мг/м}^3$  (на выходе из топки при сжигании ВТЭ с  $W^r = 30\%$ ) до  $50...60\text{ мг/м}^3$  после конденсационной поверхности.

Выводы. При сжигании ВТЭ с водосодержанием  $30\%$  снижается интенсивность НТК, что позволяет установить конденсационные поверхности нагрева в УК. Установка конденсационной поверхности нагрева в УК снижает содержание в газах  $\text{NO}_x$  на  $55\%$ ,  $\text{SO}_2$  - на  $50\%$ , а содержание твердых частиц - в 3 раза. Использование комплексной системы обеспечивает очистку газов от токсичных ингредиентов и тепловых выбросов до уровня, рекомендуемого ИМО.

#### Литература

1. Kjølholt, J. Assessment of possible impacts of scrubber water discharges on the marine environment [Online] / J. Kjølholt, S. Aakre, C. Jürgensen, J. Lau-ridsen // The Danish Environmental Protection Agency, Environmental Project. – 2012. – No.1431. – 92 p. – Available at: <http://www2.mst.dk/Udgiv/publications/2012/06/978-87-92903-28-0.pdf>. – 01.04.2013.
2. PureSOx Exhaust gas cleaning [Online]. – Available at: <http://www.alfalaval.com/industries/marine/oiltreatment/Documents/PureSOx%20product%20brochure.pdf>. – 04.03.2013).
3. Ecospec CSNOxTM Brochure [Online]. – Available at: [http://www.ecospec.com/upload/brochure/pdf/67\\_ua\\_ez4cere8bt2axql5896mgz76wsbasv.pdf](http://www.ecospec.com/upload/brochure/pdf/67_ua_ez4cere8bt2axql5896mgz76wsbasv.pdf). – 04.09.2013.
4. Пат. 99408 Україна, МПК C23F 11/10, F22B 37/00, F23J 15/00. Спосіб захисту металу низько-температурних поверхонь нагріву котла від сірча-ноокисотної корозії [Текст] / В. Ю. Горячкін, А. В. Горячкін, О. В. Акімов, В. С. Корнієнко; заявник НУК. – №a201110299; заявл. 23.08.11; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15. – 8 с.
5. Radchenko, M. Semi-Empirical Correlations of Pollution Processes on the Condensation Surfaces of Exhaust Gas Boilers with Water-Fuel Emulsion Com-bustion [Text] / M. Radchenko, R. Radchenko, V., M. Pyrysunko. – In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, Cham. – 2020. – pp. 853-862. doi: 10.1007/978-3-030-22365-6\_85.