

УДК 631.371

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ОБОРУДОВАННЫХ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ФОРКАМЕРОЙ

Жбанов Никита Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код= 7241-6650
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Чернышев Алексей Дмитриевич
к.т.н., заведующий кафедрой
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

Попков Никита Евгеньевич
магистрант
Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

В настоящее время агропромышленный комплекс испытывает потребность в увеличении мощностного ресурса отрасли, что обусловлено объемами производств сельского хозяйства страны. Важным вопросом, стоящим перед агропромышленным комплексом, является повышение мощности двигателей. Стоит отметить, что наряду с модернизацией двигателей наземных транспортно-технологических средств, интерес представляет усовершенствование высокопроизводительных, в том числе стационарных двигателей способных обеспечить работу оборудования в разных отраслях производства. Модернизация зажигания является одним из возможных направлений по совершенствованию двигателей. Разработана форкамера инновационной геометрической формы. В результате анализа процесса горения топлива и его распространения по форкамере и рабочей камере цилиндра, было установлено, что среднее значение давления составит 35 бар. Данный показатель характерен как для форкамеры, так и для рабочей камеры цилиндра. В рабочей камере цилиндра на поверхности поршня зафиксировано давление в 40 бар, а в форкамере максимальное давление составило 50 бар, которое сконцентрировано в верхней части шаровой полости горения. Освещенные в статье результаты исследований подтверждают улучшение процесса горения в модернизированной форкамере в сравнении с аналогами, за счет образования вихревых потоков в шаровой полости горения.

UDC 631.371

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

INVESTIGATION OF A BURNING PROCESS IN INTERNAL COMBUSTION ENGINES EQUIPPED WITH AN UPGRADED PRE-CHAMBER

Zhbanov Nikita Sergeevich
Cand.Sci.Tech., associate professor of the department
RSCI SPIN-code= 7241-6650
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Cand.Tech.Sci., head of department
RSCI SPIN-code= 5899-2853
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Popkov Nikita Evgenievich
Master's student
Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic University, Ryazan, Russia

Currently, the agro-industrial complex is in need of increasing the capacity of the industry, which is due to the volume of agricultural production in the country. An important issue facing the agro-industrial complex is the increase in engine power. It is worth noting that along with the modernization of engines of ground-based transport and technological means, it is of interest to improve high-performance, including stationary engines capable of operating equipment in various industries. Ignition modernization is one of the possible ways to improve engines. An innovative geometric shape pre-chamber has been developed. As a result of the analysis of the fuel combustion process and its propagation through the pre-chamber and the working chamber of the cylinder, it was found that the average pressure value will be 35 bar. This indicator is typical for both the pre-chamber and the working chamber of the cylinder. In the working chamber of the cylinder, a pressure of 40 bar is fixed on the piston surface, and in the pre-chamber the maximum pressure was 50 bar, which is concentrated in the upper part of the combustion ball burning cavity. The research results highlighted in the article confirm the improvement of the combustion process in the upgraded pre-chamber in comparison with analogues, due to the formation of vortex flows in the combustion ball burning cavity. The introduction of the developed pre-chamber can qualitatively improve the operation of engines. It should be noted that it is necessary to carry out a strength calculation for the developed pre-chamber. In the future, it is necessary to create an experimental model and test it properly

Внедрение разработанной форкамеры способно качественно улучшить работу двигателей. Следует отметить необходимость проведения прочностного расчета для разработанной форкамеры. В дальнейшем является необходимым создание экспериментальной модели и ее испытание

Ключевые слова: МАШИНОСТРОЕНИЕ, ДВИГАТЕЛИ, ФОРКАМЕРА

Keywords: MECHANICAL ENGINEERING, ENGINES, PRE-CHAMBER

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-204-047>

Введение

В настоящее время агропромышленный комплекс испытывает потребность в увеличении мощностного ресурса отрасли, что обусловлено объемами производств сельского хозяйства страны. Следует отметить, что данная необходимость вызвана также, безостановочным ростом отрасли.

Нивелирование данной потребности возможно за счет увеличения количества эксплуатируемой техники. При этом, повышение качественного уровня техники так же способно компенсировать мощностной дефицит отдельных производств и отрасли в целом.

Важным вопросом, стоящим перед агропромышленным комплексом, является повышение мощности двигателей. Стоит отметить, что наряду с модернизацией двигателей наземных транспортно-технологических средств, интерес представляет усовершенствование высокопроизводительных, в том числе стационарных двигателей способных обеспечить работу оборудования в разных отраслях производства.

В процессе работы двигателя, для взятия мощности, особенно на переходных режимах работы, в рабочую камеру двигателя подается избыточное количество топлива, для создания перенасыщенной смеси, третья часть которой, не сгоревши, выбрасывается вместе с выхлопными газами. Решением проблемы может быть модернизация зажигания.

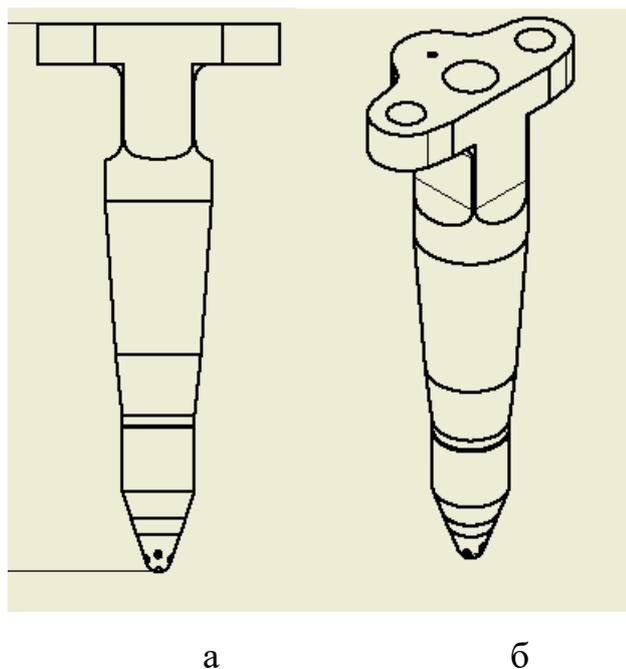
<http://ej.kubagro.ru/2024/10/pdf/47.pdf>

Учитывая, что в данной статье рассматриваются, в том числе двигатели большой мощности, исследования проводились на двигателе Д49.

Методы и материалы исследования

Разработана форкамера уникальной геометрической формы изображенная на рисунке 1, которая обеспечивает наилучшее смесеобразование, способствующее наилучшему воспламенению топливно-воздушной смеси.

Закономерным эффектом от использования форкамеры является повышение мощности двигателя и уменьшение выбросов в атмосферу не отработавших газов за счет полного сжигания смеси.



а- общий вид форкамеры; б- 3D модель форкамеры

Рисунок 1.– Модернизированная форкамера для двигателя Д49

Для разработанной форкамеры был проведен расчет распространения давления по периметру рабочей камеры, так же смоделировано распределение температурного фронта и определена скорость распределения газа. В данной статье представлены результаты

исследований по наполнению форкамеры свежим воздухом и топливным газом, а также проведен расчет процесса горения в форкамере при перемещении поршня.

Результаты исследований

Для проведения моделирования и расчетов использовались усредненные показатели давления воспламенения (10-50 бар), концентрации газа (0,01%), температуры воспламенения (2000°C), давления воздуха поступившего в конце движения поршня (18 бар), также учитывалось соотношение объема форкамеры к объему камеры сжатия. Диаметр цилиндра 260 мм, ход поршня 260 мм, 1000 об/мин. Стоит отметить, что уровень загрузки цилиндров поршневой группы приняли равной 40%, так как при форкамерном воспламенении топлива расчетное давление в цилиндре при горении составляет 150 бар, в то время как при горении в рабочей камере цилиндра, газа, на тот же объем, составляет 80 бар, а при горении дизельного топлива, давление в цилиндре составляет 200-220 бар.

Смоделированный процесс наполнения воздухом разработанной форкамеры представлен на рисунке 2.

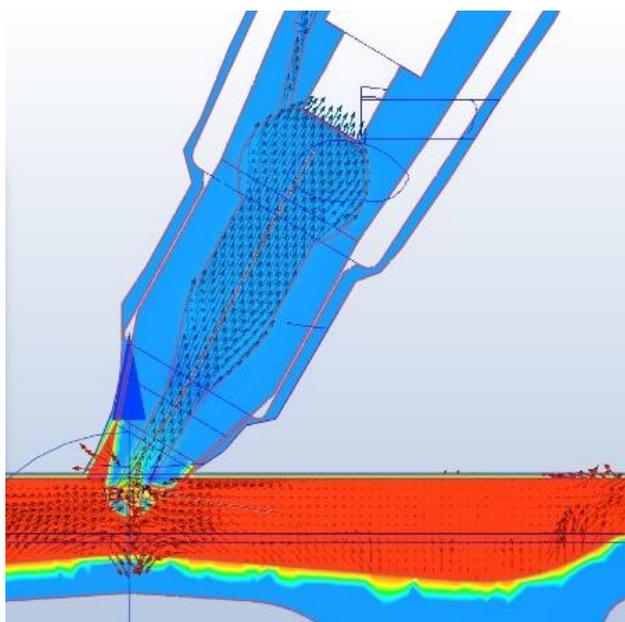


Рисунок 2. – Наполнение форкамеры воздухом

На рисунке 2 представлены векторы движения воздуха характеризующие его распределение по форкамере. Основная часть сконцентрирована в шаровой полости горения. При этом имеет место наличие некоторого количества воздуха у сопла распылителя и в нижней части рабочей камеры по центру цилиндра. Стоит отметить, что основная часть векторов направлена вертикально вверх от разгонной полости горения форкамеры к шаровой полости.

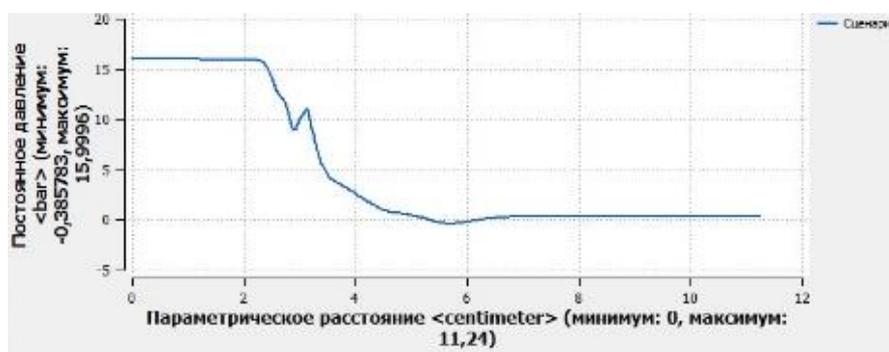


Рисунок 3. – График давления наполнения форкамеры воздухом

На рисунке 3 представлен поясняющий график, характеризующий приведенный ранее расчет наполнения форкамеры воздухом. Из него следует, что в начальный момент времени давление наполнения составляет 15 бар, далее происходит постепенное уменьшение давления, с течением времени стремящееся к 0.

Как известно процесс воспламенения смеси в рабочей камере цилиндра напрямую связан с возвратно поступательным движением поршня. Для наилучшего понимания процесса, был проведено исследование наполнения форкамеры воздухом при движении поршня. Смоделированный процесс приведен на рисунке 4.

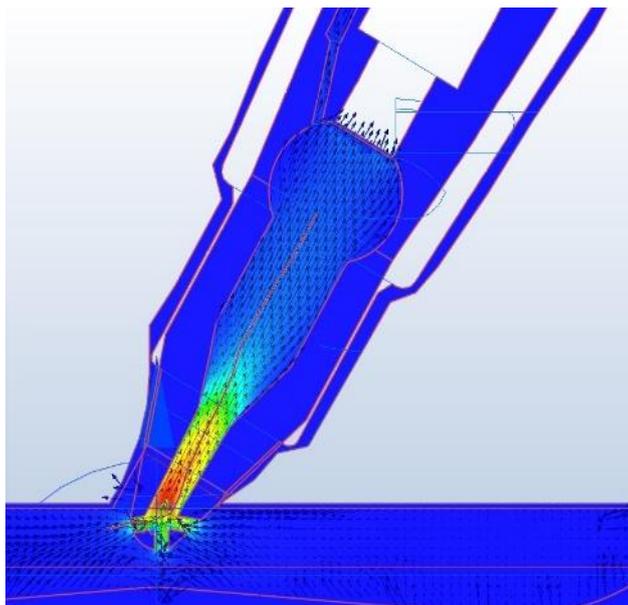


Рисунок 4. – Наполнение форкамеры воздухом при движении поршня

Анализируя рисунок 4, следует, что наибольшее давление приходится на канал между соплами распылителя и разгонной полостью горения. Векторы перемещения воздуха аналогичны предыдущим расчетам и стремятся по телу форкамеры, вверх. На рисунке 5 представлен график характеризующий процесс наполнения форкамеры воздухом при движении поршня, с уточнением скорости заполнения.

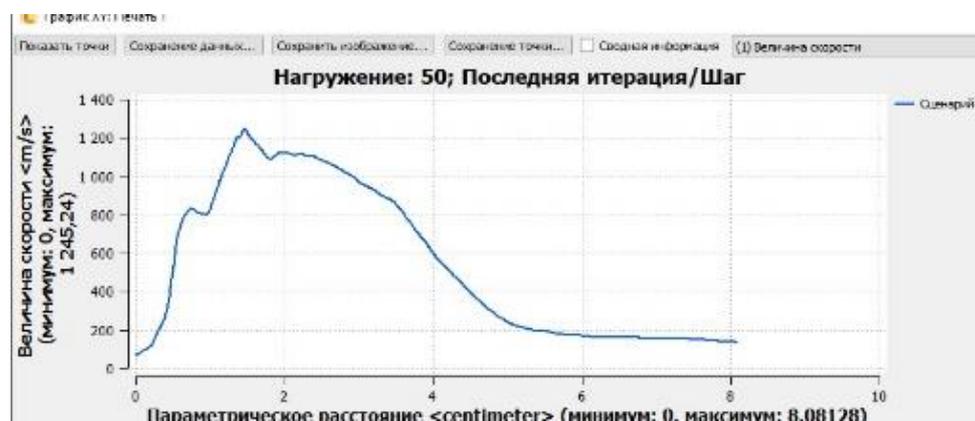


Рисунок 5. – Расчет скорости и давления наполнения.

Из графика представленного на рисунке 5 следует, что максимальная скорость при движении поршня составляет 1200 м/с, при этом более устойчивыми являются скоростные показатели зафиксированные позже, они находятся в пределах от 800 до 1100 м/с., далее зафиксировано закономерное снижение скоростных показателей. Минимальное значение скорости составило 200 м/с.

Одним из важнейших процессов, влияющих на работу форкамеры, является впрыск топлива. К аспектам, представляющим наибольший интерес, относится величина давления впрыснутого топлива, и векторы его распределения по форкамере.

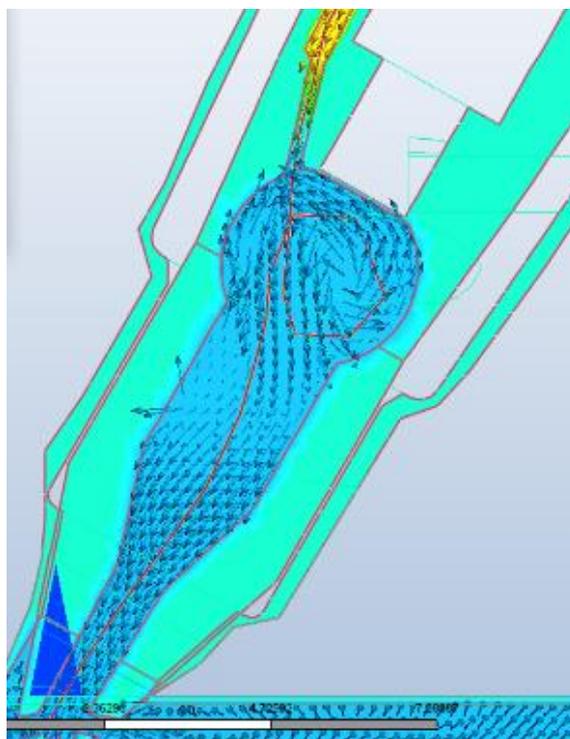
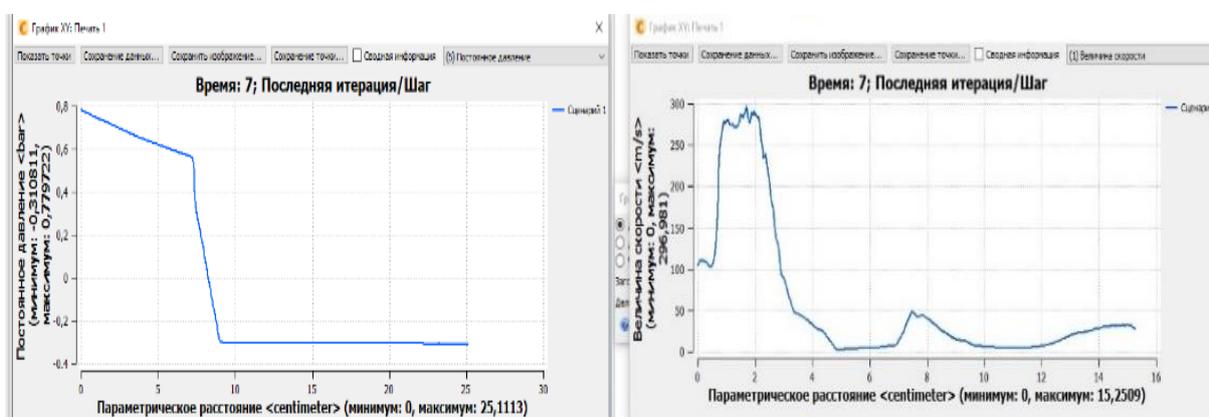


Рисунок 6. – Распределение давления впрыснутого топлива, по разработанной форкамере

Проведено моделирование процесса впрыска топлива, результаты представлены на рисунке 6, на рисунке 7 представлены поясняющие графики. Кроме того стоит обратить внимание на обозначенную на рисунке красным цветом усредненную траекторию перемещения

топливной смеси. Благодаря особой геометрической форме форкамеры и подобранным углам впрыска топлива, осуществляется наилучшее смесеобразование воздуха с топливом.

Проведенное моделирование процесса распределения топлива с давлением более 0,1 бар (значение превышающее давление наддува), позволило установить, что в момент впрыска давление находится в пределах 0,6-0,8 бар, ввиду того, что моделирование производилось с учетом начала движения поршня, на графике отмечаются отрицательные значения давления перемещения топлива.



а

б

а- давление на впрыске топлива, б- скорость распределения впрыснутого топлива

Рисунок 7. – Распределение давления впрыснутого топлива по разработанной форкамеры

Рассматривая вопрос скорости распределения впрыснутого топлива, следует отметить начальную скорость 100 м/с, а также максимальное значение скорости в момент впрыска, которое составило 300 м/с. Далее было зафиксировано резкое уменьшение скорости, до отметки 10 м/с.

Следует отметить, что в момент после падения скорости, имел место синусоидальный характер графика. Нижней точкой синусоиды было

значение 10 м/с при этом вершина синусоиды зафиксирована на отметке 50м/с.

Ранее исследовалось воспламенение топливно-воздушной смеси, представляющий интерес процесс горения в форкамере при движении поршня, до настоящего времени не рассматривался. Смоделированный процесс горения в форкамере представлен на рисунке 8.

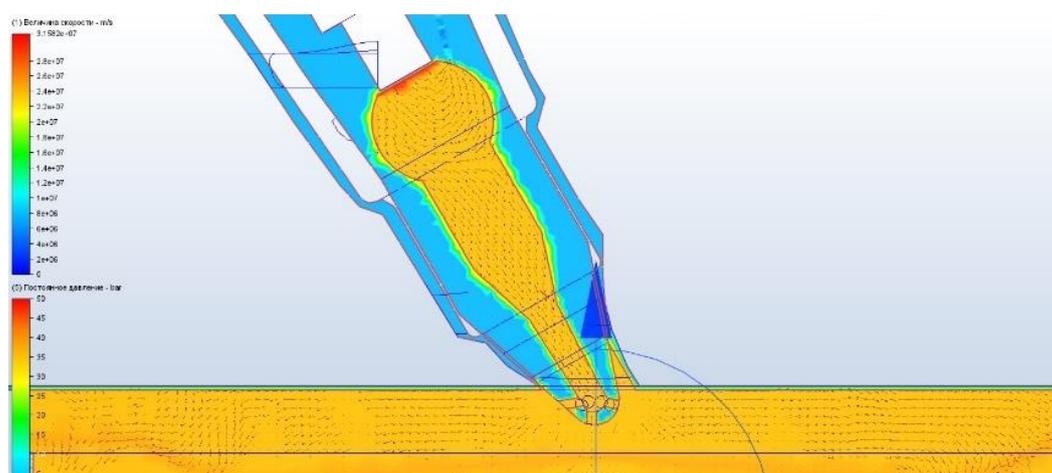


Рисунок 8. Моделирование процесса горения в разработанной форкамере при движения поршня

Проводя анализ смоделированного процесса горения топлива и его распространения по форкамере и рабочей камере цилиндра, было установлено, что среднее значение давления составит 35 бар. Данный показатель характерен, как для форкамеры, так и для рабочей камеры цилиндра. Существуют области, в которых зафиксированы более высокие значения давления. В рабочей камере цилиндра на поверхности поршня зафиксировано давление в 40 бар, а в форкамере максимальное давление составило 50 бар, которое сконцентрировано в верхней части шаровой полости горения. Следует отметить, что при расчете не учитывалось воспламенение основной доли топливно-воздушной смеси.

Анализируя ориентацию векторов находящихся на отрезке между разгонной и шаровой полостями, при процессе горения, установили, что

имеет место изменение направления, вслед за перемещением поршня. Данный характер движения обусловлен процессом нивелирования давлений в рабочей камере и форкамере. В завершении процесса выравнивания, выход продуктов сгорания останавливается и возобновляется с понижением давления.

Заключение

Ввиду ряда проблем связанных с воспламенением топливно–воздушной смеси в двигателях внутреннего сгорания, рациональным является применение разработанной форкамеры инновационной геометрической формы, способствующей наилучшему смесеобразованию. Освещенные в статье результаты исследований подтверждают улучшение процесса горения в разработанной форкамере, за счет образования вихревых потоков в шаровой полости горения. Внедрение разработанной форкамеры способно качественно улучшить работу двигателей. Следует отметить необходимость проведение прочностного расчета для разработанной форкамеры. В дальнейшем является необходимым создание экспериментальной модели и ее испытание.

Библиографический список

1. Демьянов Л. А. Пути повышения надежности и долговечности автотракторных двигателей/ Л. А. Демьянов, С. К. Сарафанов// — Москва: Воениздат, 1967 — 152 с.
2. Kalyan K.S. Natural Gas Engines / K.S. Kalyan, K.A. Avinash, R.K. Sundar // Springer. — 2019. — с. 250.
3. Кнельц, В.Ф. Принципы и особенности построения систем воздухообеспечения на двигателях производства АО "Коломенский завод / В. Ф. Кнельц, А. Б. Матисен // Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. – 2022. – Т. 9, № 4. – С. 3–9.

References

1. Dem'janov L. A. Puti povysheniya nadezhnosti i dolgovechnosti avtotraktornyh dvigatelej/ L. A. Dem'janov, S. K. Sarafanov// — Moskva: Voenizdat, 1967 — 152 с.
2. Kalyan K.S. Natural Gas Engines / K.S. Kalyan, K.A. Avinash, R.K. Sundar // Springer. — 2019. — с. 250.
3. Knel'c, V.F. Principy i osobennosti postroeniya sistem vozduhosnabzheniya na dvigateljah proizvodstva AO "Kolomenskij zavod / V. F. Knel'c, A. B. Matisen // Mashinostroenie: setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal. – 2022. – Т. 9, № 4. – С. 3–9.