

УДК 514.18; 004.94; 621.869

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ОБСЛУГОВУВАННЯ АВТОГІДРОПІДЙОМНИКІВ ЗА ЇХ КОМП'ЮТЕРНИМИ МОДЕЛЯМИ

Черніков О.В., д.т.н.,

cherni@khadi.kharkov.ua, ORCID: 0000-0002-6636-4566

Резніков О.О., к.т.н.,

ssr.sdm@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7730-5721

Момотов А.В.,

votomom@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5997-4561

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

Робота є продовженням спільних досліджень у машинобудівній галузі кафедр будівельних і дорожніх машин й інженерної та комп'ютерної графіки ХНАДУ. Вони присвячені розробці підходів та алгоритмів для моделювання робочих процесів різноманітних машин, що використовуються в будівництві доріг та споруд. Раніше були досліджені моделі фронтальних навантажувачів, автогрейдерів, скреперів та ін. Зокрема, визначались питання стійкості машин на похилих поверхнях, поведінки при русі шляхом з перешкодами, міцності конструкції при ударі о непереборну перешкоду, можливості руху за заданою траєкторією.

Метою даної роботи є розробка цифрового прототипу конструкції автогідропідйомника (АГП, піднімальної платформи) у середовищі пакету Autodesk Inventor з використанням методів комп'ютерного моделювання. Запропонована модель призначається для виконання попередніх досліджень питань кінематики та режимів роботи АГП різних типорозмірів та вантажопідйомності при заданих умовах експлуатації.

Однією з розв'язаних задач є визначення вимог до керування гідроциліндрами управління нахилом стріл АГП (або самих цих кутів) для розміщення робочої платформи в заданій точці простору. Інше питання – визначення траєкторії переміщення платформи АГП з поточної точки в іншу задану точку за умови визначення найкоротшого шляху, або з урахуванням перешкод, що існують (в термінах параметрів кутів нахилу стріл платформи або параметрів керування гідроциліндрами).

Також розроблена модель буде корисна при визначенні зон досяжності обраного обладнання при проведенні монтажних робіт під час будівництва або обслуговування будівель, при виконанні задач обрізки дерев, тощо, в залежності від типорозміру піднімальної платформи та особливостей розміщення об'єктів оточуючого середовища. Наявність таких моделей на підприємстві дозволить здійснювати оптимальний вибір машини відповідного класу для кожної конкретної задачі.

Ключові слова: комп'ютерне моделювання, цифровий прототип,

дорожньо-будівельна техніка, автогідропідійомник, оптимальна траєкторія, зона досяжності, Autodesk Inventor.

Постановка проблеми. При виконанні багатьох робіт у будівництві та інших галузях виникає необхідність досягти об'єкта, який високо розташований. Для розв'язання цієї проблеми використовуються сходи, будівельні риштування та ін., але найбільш зручними та поширеними в сучасних умовах є гідравлічні підійомники, зокрема автогідропідійомники (АГП), які призначені для встановлення на автомобільні шасі. Вони забезпечують широкий діапазон робочих висот (32-70 м), та мають вантажопідійомність 230-600 кг [1]. Були поставлені питання визначення параметрів керування гідроциліндрами та механізмом повороту АГП для досягнення довільно заданій точці у просторі та завдання параметрів руху, щоб з поточної точки перейти в задану точку по оптимальній траєкторії. Для цієї задачі слід розробити відповідну комп'ютерну модель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Було проведено аналіз даного виду обладнання, та з'ясовано, що є такі типи конструкцій [1-3]:

– важільно-телескопічні (колінчасто-телескопічні) АГП що можуть мати 2 і 3 секції, розташовані одна за іншою; висота підйому 21-38 метрів з бічним вильотом стріли на 9-17 метрів, вантажопідійомність 250 кг (рис. 1);

– поперечного розташування – має 2 секції, розташовані одна за іншою та бортову платформу або фургон; максимальна висота підйому - 12 метрів, з бічним вильотом стріли на 4,5 метри, вантажопідійомністю до 200 кг – вони найчастіше використовуються в будівельному середовищі;

– телескопічні АГП – такі моделі можуть мати 2 та 3 секції, розташовані одна за одною; з висотою підйому 12-19 метрів та бічним вильотом стріли на 7,5-10 метрів, вантажопідійомністю 250-300 кг – вони найбільш підходять для роботи в обмежених умовах міста.

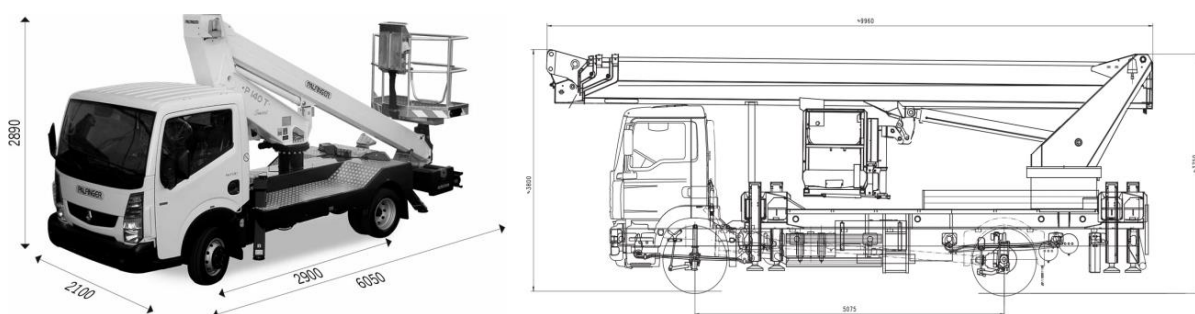


Рис. 1. Приклади АГП

З урахуванням раніше здобутого досвіду моделювання роботи подібних машин та механізмів [4-6] було вирішено використовувати пакет Autodesk Inventor (AI).

Формулювання цілей статті. Мета даної роботи полягала в розробці відповідної комп'ютерної моделі АГП та пропонуванні методів та

алгоритмів її дослідження, зокрема, визначення можливої зони обслуговування при заданих типорозмірних властивостях.

Основна частина. Для проведення досліджень перш за все було створено цифрову модель машини з використанням доступних креслеників та реального механізму, що є на полігоні університету. Зрозуміло, що при створенні моделі були використані деякі спрощення форми та елементів конструкції, які не мали впливу на досліджувані параметри. Створена в середовищі «Складання» модель була передана в середовище «Динамічного моделювання» [7], де на всі рухомі елементи були накладені залежності обертання, призматичного та/або циліндричного руху, 3D-контакти та ін. Кінцева модель наведена на рис. 2.

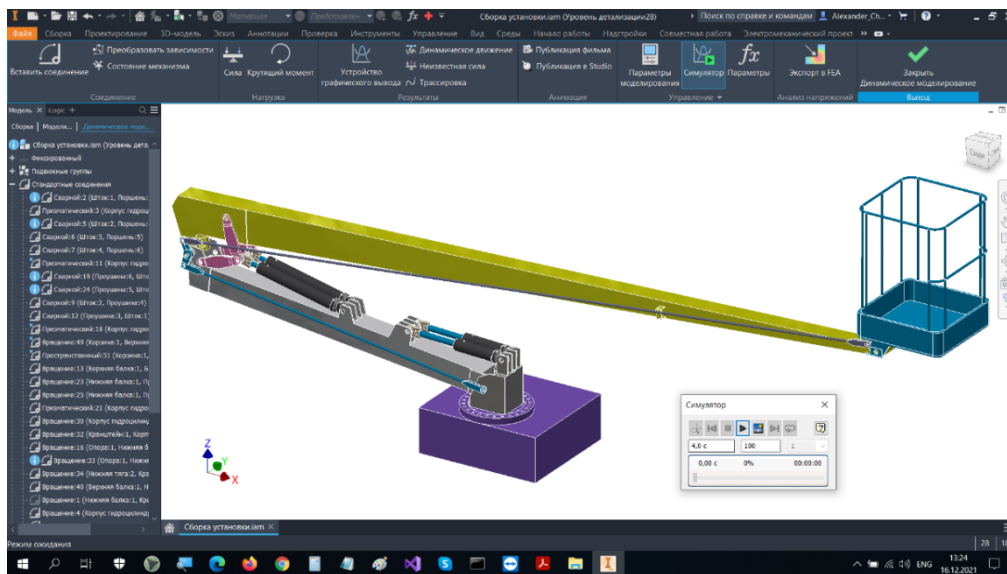


Рис. 2. Модель АГП у середовищі динамічного моделювання АІ

Далі необхідно було визначити, які величини кутів повороту пристрою (ω), нахилу нижньої (α) та верхньої (β) стріл АГП необхідні для переміщення піднімальної платформи в задану точку (x, y, z) простору (було використано спеціальну систему координат, початок якої розташований в шарнірі кріплення нижньої стріли до оберտального корпусу, вісь Ox задає вихідне положення стріли, рис. 3).

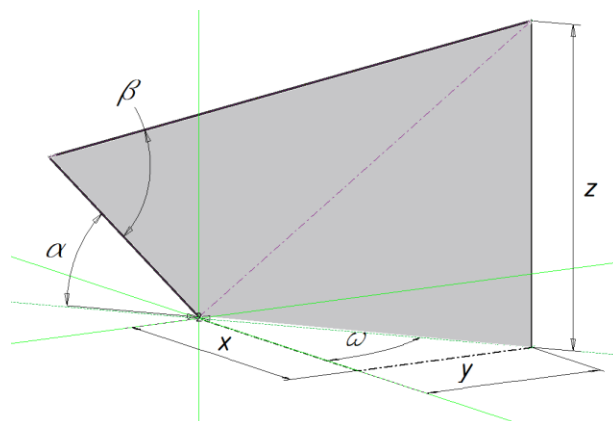


Рис. 3. Визначення кутів нахилу стріл для заданої точки

Для розрахунків було розроблено програму на вбудованій мові iLogic та створено спеціальну форму для завдання координат довільної точки простору та відображення відповідних кутів. На рис. 4 наведено спрощений приклад роботи модулю, коли кут повороту механізму $\omega = 0^\circ$.

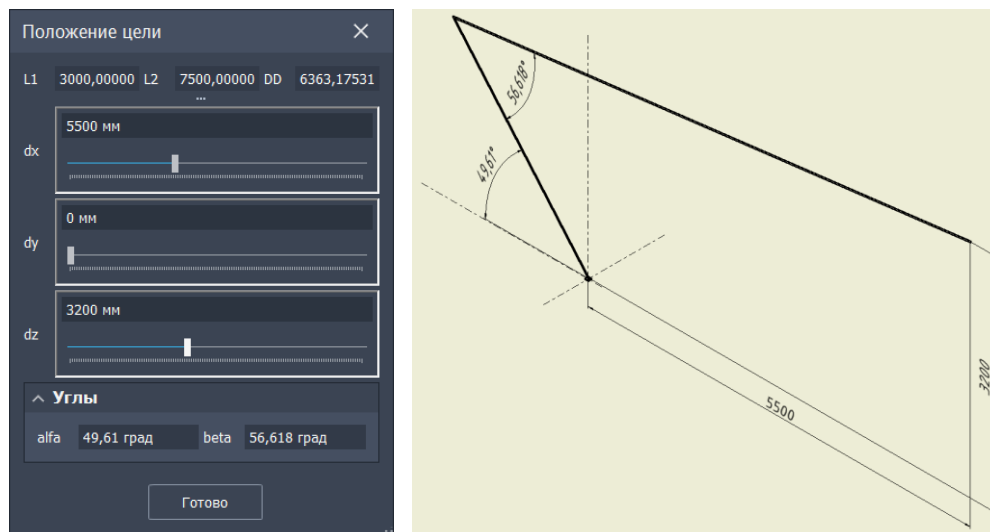


Рис. 4. Визначення кутів нахилу стріл для заданої точки

Наступним етапом роботи стало моделювання траєкторії руху піднімальної платформи при зміні кутових параметрів у межах, визначених технічними можливостями механізмів. Закон руху елементів конструкції був заданий з використанням можливостей середовища динамічного моделювання за допомогою графіків. На рис. 5, а показана така траєкторія у площині. Далі отримана крива була передана у середовище 3D-моделювання, де була побудова поверхня обертання з відповідною віссю – ця поверхня визначає граничну зону обслуговування АГП з фіксованої точки його розташування (рис. 5, б).

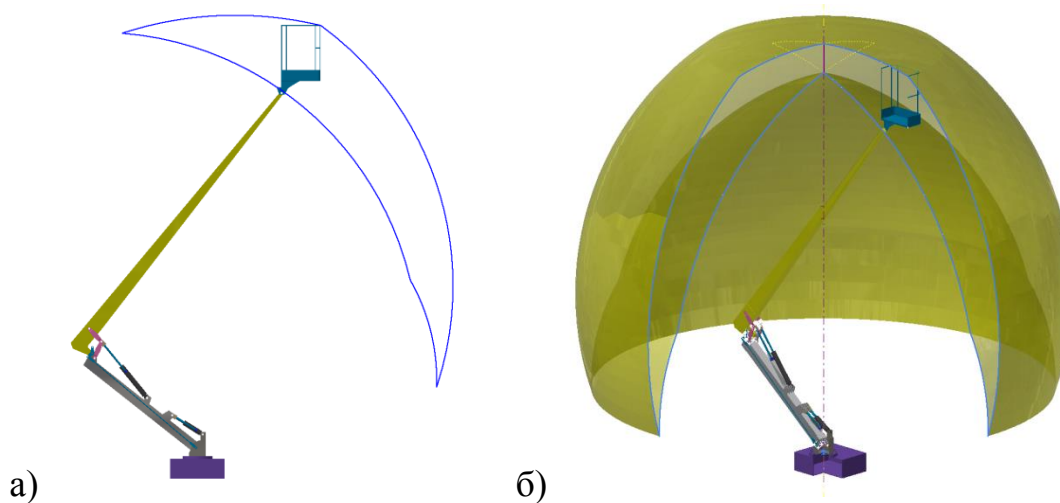


Рис. 5. Зона обслуговування у площині та у просторі

Далі було досліджено зв'язок між положеннями елементів гідروциліндрів та кутами нахилу відповідних стріл механізму, бо саме

через зміни положення штоків гідроциліндрів оператор керує розташуванням піднімальної платформи. На рис. 6 показано визначення залежності кута нахилу стріли від відстані висування штоків другої пари гідроциліндрів – рівняння цієї залежності було апроксимовано по множині проміжних точок та виявилось квадратичним.

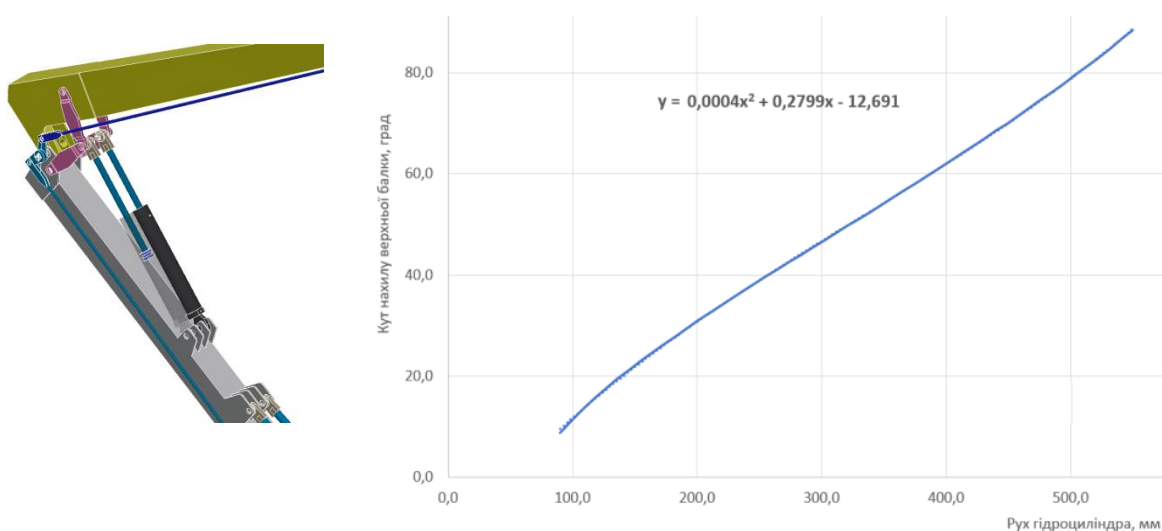


Рис. 6. Визначення параметрів керування гідроциліндрами

Висновки. В роботі запропонований можливий шлях визначення зони обслуговування обраного типу АГП з урахуванням особливостей оточуючого середовища. Також визначено алгоритм розрахунку траєкторії переміщення піднімальної платформи АГП із заданої точки в іншу за умови руху найкоротшим шляхом. Також можна врахувати перешкоди, що існують в місці проведення робіт.

Розроблена модель може бути корисною на підприємствах, що надають послуги з орендування АГП для оптимально вибору класу машини при визначенні зони обслуговування обраного обладнання. Це важливо при проведенні монтажних робіт під час будівництва, ремонтно-відновлювальних робіт, при виконанні обрізки дерев, тощо.

Література

1. Автогідропідйомники компанії Palfinger: каталог. URL: www.palfinger.com (26.10.2021).
2. Автовышки. Кто есть кто на рынке спецтехники. URL: www.kommashpro.ru/avtovyshki (26.10.2021).
3. Автовышка (автогидроподъемник) АПТ-18 URL: auger.su/catalog/elevated-work-platforms/apt-18.html (26.10.2021)
4. Кириченко І.Г., Черніков О.В., Ходирев С.Я. Огляд досягнень та напрями досліджень комп'ютерного моделювання машин і механізмів у ХНАДУ Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. 2019. Вип. 87. С. 7-12. DOI: [10.30977/BUL.2219-5548.2019.87.0.7](https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2019.87.0.7)

5. Черніков О.В., Склярів Є.Ю., Швейкін І.О. Особливості комп'ютерного моделювання екскаватора «Menzi Muck M545» для досліджень його руху та стійкості при заданих умовах *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету (Електронне наукове фахове видання)*, URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdata/V8T1.html>). Мелітополь: 2018. Вип. 8, Т. 1. С. 46-54.
6. Кириченко І.Г., Черніков О.В., Роговий А.С., Рагулін В.М., Резніков О.О., Табуров О.С. Особливості комп'ютерного моделювання та дослідження режимів роботи елементів піднімальної платформи *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2021. Вип. 95. С. 143-148. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.143>
7. Кинематика динамического моделирования: справочная система Autodesk Inventor. URL: help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/RUS/?guid=GUID-2D2E9683-DD26-43AE-89A3-70014361EDD6 (12.09.21).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОГИДРОПОДЪЕМНИКОВ ПО ИХ КОМПЬЮТЕРНЫМ МОДЕЛЯМ

Черников А.В., Резников А.А., Момотов А.В.

Работа является продолжением совместных исследований в машиностроительной отрасли кафедр строительных и дорожных машин и инженерной и компьютерной графики ХНАДУ. Они посвящены разработке подходов и алгоритмов для моделирования рабочих процессов различных машин, используемых в строительстве дорог и сооружений. Ранее были исследованы модели фронтальных погрузчиков, автогрейдеров, скреперов и т.д. В частности, определялись вопросы устойчивости машин на наклонных поверхностях, поведения при движении путем с препятствиями, прочности конструкции при ударе в непреодолимое препятствие, возможности движения по заданной траектории.

Целью данной работы является разработка цифрового прототипа конструкции автогидроподъемника (АГП, подъемная платформа) в среде пакета Autodesk Inventor с использованием методов компьютерного моделирования. Предлагаемая модель предназначена для выполнения предварительных исследований кинематики и режимов работы АГП разных типоразмеров и грузоподъемности при заданных условиях эксплуатации.

Одной из решаемых задач является определение требований к управлению гидроцилиндрами для изменения наклона стрел АГП (или самими этими углами) для размещения рабочей платформы в заданной

точке пространства. Другой вопрос – определение траектории перемещения платформы АГП из текущей точки в другую заданную точку при условии определения кратчайшего пути, или с учетом существующих препятствий (в терминах параметров углов наклона стрел платформы или параметров управления гидроцилиндрами).

Также разработанная модель будет полезна при определении зон досягаемости выбранного оборудования при проведении монтажных работ при строительстве или обслуживании зданий, при выполнении задач обрезки деревьев и т.п., в зависимости от типоразмера подъемной платформы и особенностей размещения объектов окружающей среды. Наличие таких моделей на предприятии позволит производить оптимальный выбор машины соответствующего класса для каждой конкретной задачи.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, цифровой прототип, дорожно-строительная техника, автогидроподъемник, оптимальная траектория, зона досягаемости, Autodesk Inventor.

FINDING THE SERVICE AREAS OF AUTOHYDRAULIC LIFTS BY THEIR COMPUTER MODELS

Oleksandr Chernikov, Oleksandr Reznikov, Andrii Momotov

The article is a continuation of joint research of the departments of construction and road machinery and engineering and computer graphics of KhNAHU in the field of mechanical engineering. The research is dedicated to the development of approaches and algorithms for modeling the work processes of various machines used in the construction of roads and buildings. Previously, models of wheel loaders, motor graders, scrapers, etc. have been studied. In particular, the issues of stability of machines on inclined surfaces, behavior when moving on obstacles, the strength of the structure when hitting an insurmountable obstacle, the ability to move along a given trajectory were determined.

The aim of this work is to develop a digital prototype of an auto-hydraulic lift (AHL, lifting platform) design using computer simulation methods in the Autodesk Inventor package. The proposed model has developed to perform preliminary studies of kinematics and modes of different sizes and capacities AHLs under specified operating conditions.

One of the resolved tasks was determination of the requirements for the operation of hydraulic cylinders for controlling the inclination of the AHL booms (or these angles themselves) to place the work platform at a given point in space. Another issue is to determine the trajectory of the AHL platform from the current point to another set point, provided the shortest path is determined, or taking into account the existing obstacles (in terms of parameters of the

angles of the platform or hydraulic cylinder control parameters).

The developed model will also be useful to determine the areas of reach of the selected equipment during installation for construction or maintenance of buildings, when performing tree pruning tasks, etc., depending on the size of the lifting platform and the location of the environment. The presence of such models at the enterprise will allow making the optimal choice of the corresponding class car for each concrete task.

Keywords: computer modeling, digital prototype, road construction equipment, auto-hydraulic lift, optimal trajectory, area of reach, Autodesk Inventor.

Referenses

1. Autohydraulic Lifts of Palfinger Company: Catalog. URL: www.palfinger.com (26.10.2021) [in Russian].
2. Autotowers. Who is who in the market of special equipment. URL: www.kommashpro.ru/avtovyshki (26.10.2021) [in Russian].
3. Autotowers (Autohydraulic Lifts) APT-18 URL: auger.su/catalog/elevated-work-platforms/apt-18.html (26.10.2021) [in Russian].
4. Kyrychenko, I., Chernikov, O., Khodyriev, S. (2019) Review of achievements and research directions in computer modeling of machines and mechanisms in KhNAHU *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu*, 87, 7-12. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2019.87.0.7 [in Ukrainian].
5. Chernikov, O., Skliarov, Ye., Shveikin, I. (2018) Features of Menzi Muck M545 excavator computer modeling for research of its movement and sustainability at the special conditions *Naukovyy visnyk Tavriyskoho derzhavnogo ahrotekhnolohichnoho universytetu (Elektronne naukovye fakhove vydannya)*, URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/V8T1.html>. 8, 1, 46-54. [in Ukrainian].
6. Kyrychenko, I., Chernikov, O., Rogovyi, A., Ragulin, V., Reznikov, O., Taburov, O. (2021) Study of lifting platforms using three-dimensional computer-aided modeling *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtomobilno-dorozhnoho universytetu*. 95 143-148. DOI: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.95.0.143> [in Ukrainian].
7. Dynamic Simulation Kinematics: A Help System Autodesk Inventor. URL: <https://help.autodesk.com/view/INVNTOR/2020/ENU/?guid=GUID-2D2E9683-DD26-43AE-89A3-70014361EDD6> (12.09.21) [in English].