

FACADE CLEANING ROBOTS- A MEANS/POSSIBILITY FOR COST-EFFECTIVENESS

*Radostin Dolchinkov, Burgas Free University, rado@bfu.bg
Mariana Koleva, Burgas Free University, mkoleva@bfu.bg*

Abstract: The new possibility in automation and robotics technology allow for environmentally-friendly cleaning of the facades, which helps reduce maintenance costs and risk for workers by developing automated cleaning systems. Cleaning robots can also be used in urban conditions. Modern building architectures are increasingly sophisticated and complicated, so the cleaning of their facades is of particular importance. When designing new building structures, it makes sense to consider automated cleaning at the planning stage. The new possibility in automation and robotics technology allow for environmentally-friendly cleaning of the facades, which helps reduce maintenance costs and risk for workers.

Keywords: facade cleaning robots, robotic systems

ФАСАДНИТЕ ПОЧИСТВАЩИ РОБОТИ – СРЕДСТВО/ВЪЗМОЖНОСТ ЗА РЕНТАБИЛНОСТ

*Радостин Долчинков, Бургаски свободен университет, rado@bfu.bg
Мариана Колева, Бургаски свободен университет, mkoleva@bfu.bg*

Абстракт: Новите възможности в технологиите за автоматизация и роботика позволяват екологично почистване на фасадите, което спомага за намаляване на разходите за поддръжка и рискът за работниците чрез разработване на автоматизирани системи за почистване. Роботите за почистване могат да се използват и при градски условия. Модерните архитектури на сградите са все по-сложни и по-сложни, следователно почистването на фасадите им е от особено значение. При проектирането на конструкциите на новите сгради има смисъл да се обмисли автоматизираното почистване още на етапа планиране.

Новите възможности в технологиите за автоматизация и роботика позволяват екологично почистване на фасадите, което спомага за намаляване на разходите за поддръжка и рискът за работниците.

Ключови думи: почистващ робот за фасади, роботизирани системи

Днес роботиката засяга широк сектор от икономически дейности от автомобилната и електронната промишленост до храната, рециклирането, логистиката и т.н.

Усилията за научноизследователска и развойна дейност в областта на роботиката допринасят значително за създаването на нови възможности. Тези възможности са още по-очевидни, когато се вземат под внимание социално-икономически фактори като прекомерното превишаване на нашето общество.

Новите възможности в технологиите за автоматизация и роботика позволяват екологично почистване на фасадите, което спомага за намаляване на разходите за поддръжка и рискът за работниците чрез разработване на автоматизирани системи за почистване. Роботите за почистване могат да се използват и при градски условия.

Модерните архитектури на сградите са все по-сложни и по-сложни, следователно почистването на фасадите им е от особено значение. Големите сгради все още се почистват ръчно. При проектирането на конструкциите на новите сгради има смисъл да се обмисли автоматизираното почистване още на етапа планиране.

Първите автоматизирани системи за почистване на високи сгради се използват в Япония в средата на 80-те години. Те са проектирани основно за използване на конкретни сгради, като през последните години са положени големи усилия за развитието на почистващите системи за фасади с вертикално движение.

При уточняване на изискванията, системата за почистване се модернизира към вече съществуващите сгради. Системата се състои от три компонента и може да се използва за фасади като изцяло или полуавтоматичен режим за почистване:

- почистващ робот за фасади;
- система за сигурност;
- хранващ блок.

Обикновено за целите на сигурността или за направляване на работа при движението по фасадата, често се е изисквало използването на допълнителни конструкции като направляващи релси, закрепени за фасадата. Практическото приложение на почистващите системи се е провалило, поради слабата концепция за безопасност и лошото качество на почистване, изискващо допълнителна конструкция към фасадата или просто поради високата първоначална цена или скъпоструващото действие.

Тази статия разглежда принципа на работа, проектирането и анализа на изкачващи системи с направляващи релси и с вакуумни вендузи (подсигурени с кабел), използвани за почистването на стъклата на високи сгради. Таблица 1. показва част от съществуващите роботизирани системи за почистване на фасади.

Производител	Робот	Държава	Приложение	Кинематика	Преодоляване на препятствията	Тип фасада
Mitsubishi Electric Cooperation	Automatic Window Cleaning System	Япония	Почистване на фасади	с направляващи релси	не	Вертикална
Shimizu Corporation	Canadian Crab	Япония	Почистване на фасади	вакуумни вендузи, подсигурен с кабели	да	Под наклон
Fraunhofer-Institut IFF	Cleaning robot for the Glasshall Leipzig Trade fair	Germany	Почистване на фасади	колела, подсигурен с кабели	не	Изпъкнала
Comatec		France	Почистване на фасади	вакуумни вендузи	не	Под наклон
Robosoft		France	Почистване на фасади	с направляващи релси	не	Хоризонтална
Robosoft	Autonomous Window Cleaner Robot for High Buildings (EC: AUTOWIND)	France	Почистване на фасади	с направляващи релси	не	Вертикална
Fraunhofer-Institut IFF, Dornier Technologie	SIRIUSc	Germany	Почистване на фасади	с направляващи релси	да	Вертикална

Newcastle University; OCS Group; Cradle Runways	Arcow	UK	Почистване на фасади	с направляващи релси	не	Вертикална
CSIC	Tito	Spain	Почистване на фасади	Air suction	не	Вертикална
Robotics Institute in Beihang University (BUAA)	Sky Cleaner 3		Почистване на фасади	вакумни вендузи, подсигурен с кабели	да	Вертикална

Табл. 1. Съществуващи роботизирани системи за почистване на фасади

При проектирането на конструкциите на новите сгради има смисъл да се обмисли автоматизираното почистване още на етапа планиране.

Фасадното почистване с робот има важни предимства:

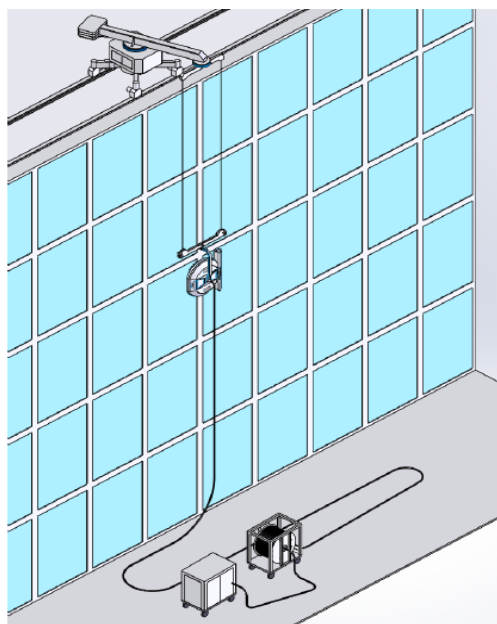
- кратко време за почистване на големи повърхности;
- почистване на различно достъпни места;
- почистване на особено замърсени места от фасадата;
- естетична привлекателност чрез лесно и регулярно почистване;
- екологично чисто.

При проектиране на работи за почистване на фасади е необходимо да се определи производителността, максималната скорост при работа, размерите на робота-дължина, височина, широчина и тегло, размери на почистващата четка и вида на управление-жично, безжично, дистанционно и др.

Оптималният режим на работа на робота се определя от консумацията на вода, захранващо напрежение и система за сигурност, консумация на въздух и резервоар под налягане. Като изходни данни е необходимо да се вземат максималното пропускане на въздух, максимален наклон при работа, максимална височина на сградата и температура на атмосферата.

В зависимост от сградата и възможностите за използване на наличната техника са познати няколко варианта на приложения.

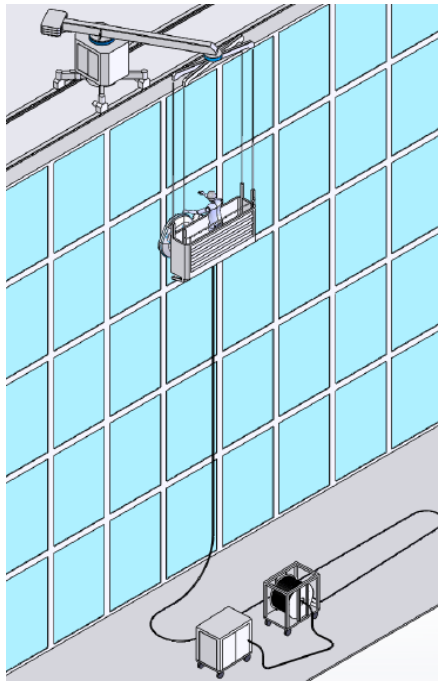
1. Робот за фасади – интеграция с релсова система, която е монтирана по ръба на покрива. Покривния тролей се използва за осигуряването на робота. Захранващия блок (вода/въздух/мощност) става от основата на сградата (Фиг. 1).



Фиг. 1. Робот за фасади с релсова система

Контролирането на системата може да се осъществява ръчно или напълно автоматизирано. Захранващия блок на робота се използва за различни сгради. Покривния тролей остава на сградата.

2. Вертикалният товар на робота и маркуча за снабдяване не могат да се закрепят на фасадата, системата ще е по-сигурно да се закрепят на покривна интегрирана тролейна релса. Робот се закрепя на плоски повърхности, използвайки вакуум. Към робота може да се добави и работна платформа. Захранващият блок се доставя от основата на сградата. Контролът на системата се осъществява ръчно от човек на работната платформа (Фиг. 2).



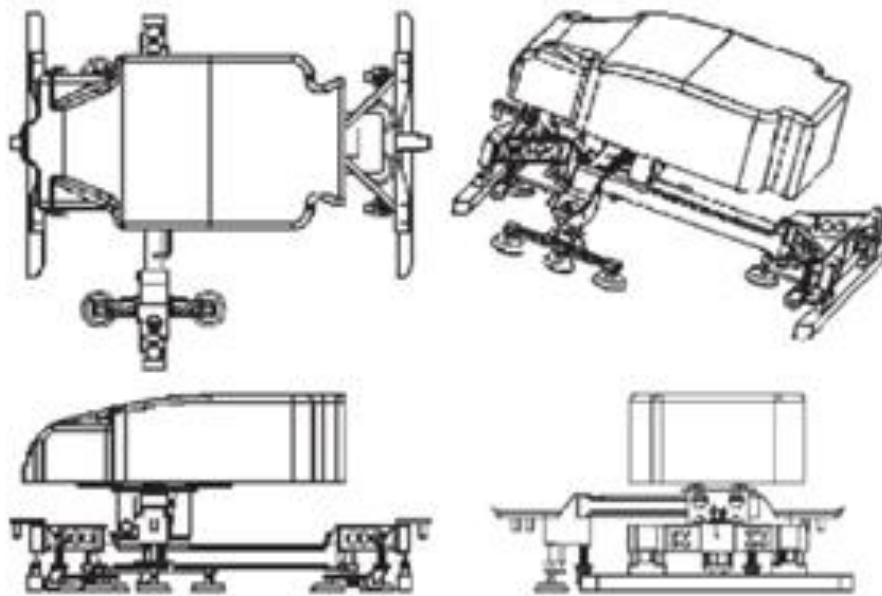
Фиг. 2. Робот за фасади с релсова система и добавена работна платформа

Принципът на работа на робота се състои в закрепването му на гладки повърхности, използвайки вакуум и движение във всички посоки. (Фиг. 3)

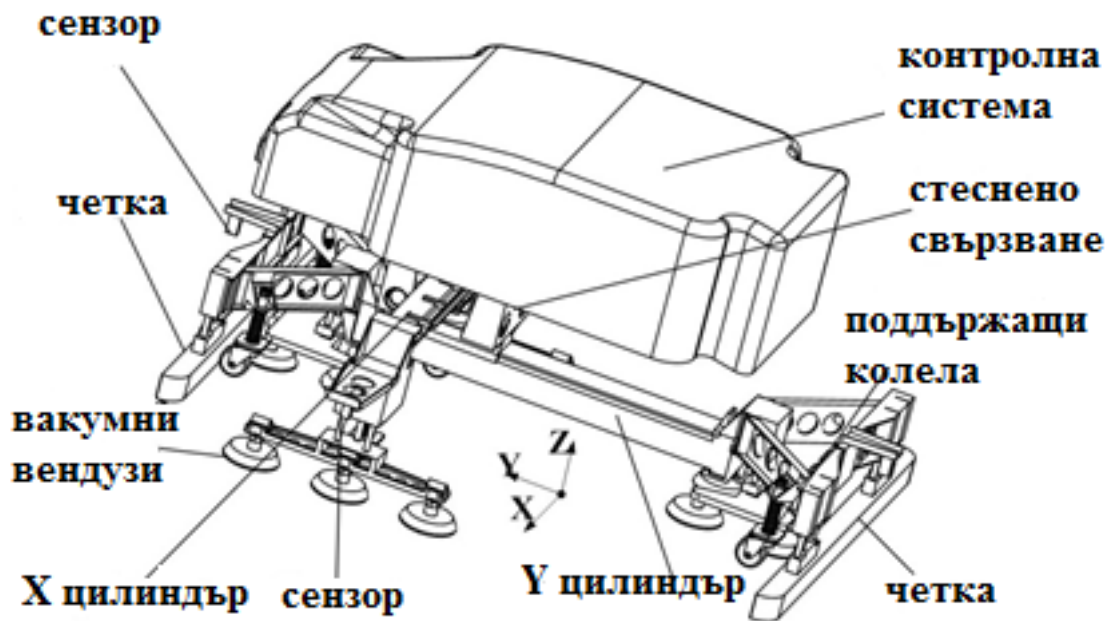
Роботите, които изкачват вертикални повърхности често използват гъсенично задвижване и са оборудвани с пасивни от активни вендузи (Фиг. 4). Пасивният не създава активно вакуум във вендузата, а по-скоро малък клапан вентилира или уплътнява засмукващата вендуза в зависимост от позицията ѝ. Предимството на задвижванията с пасивни смукателни вендузи е тяхното умерено потребление на енергия.



Фиг. 3. Робот за почистване на фасади



а)



б)

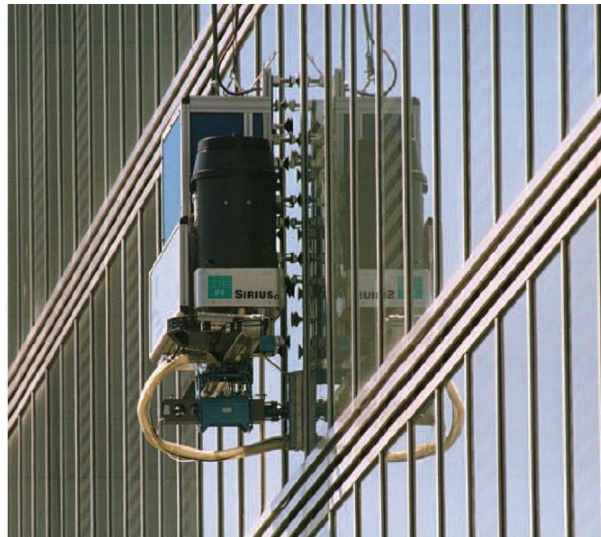
Фиг. 4. Механична система на почистващ робот на фасади

Системата на робота се състои от три части: 1) следваща единица; 2) носещо превозно средство; 3) робот за почистване. Роботът се поддържа отгоре с кабели от следващата единица, монтирана на върха на сградата. Всички следващи движения на единицата, които предпазват от падане поради някакъв вид повреда, се синхронизират от самия робот. (Фиг. 5)



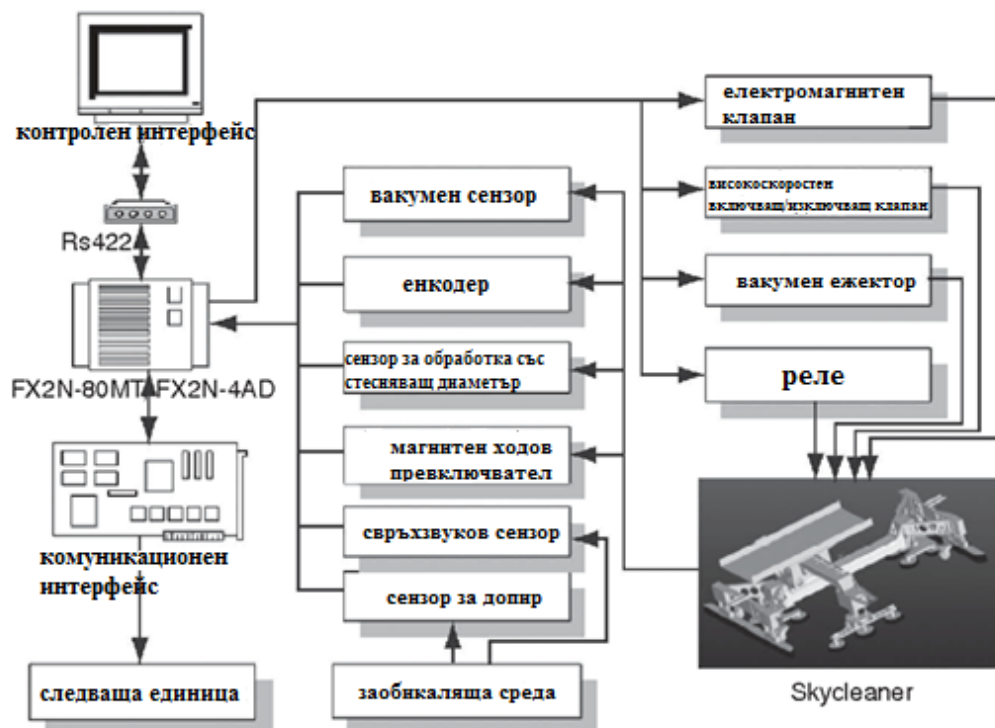
Фиг. 5. Роботизирана система

Роботизираните системи изискват използването на допълнителни конструкции като направляващи релси, закрепени за фасадата. Използват се обикновено за целите на сигурността или за направляване на работа при движението по фасадата. (Фиг. 6)

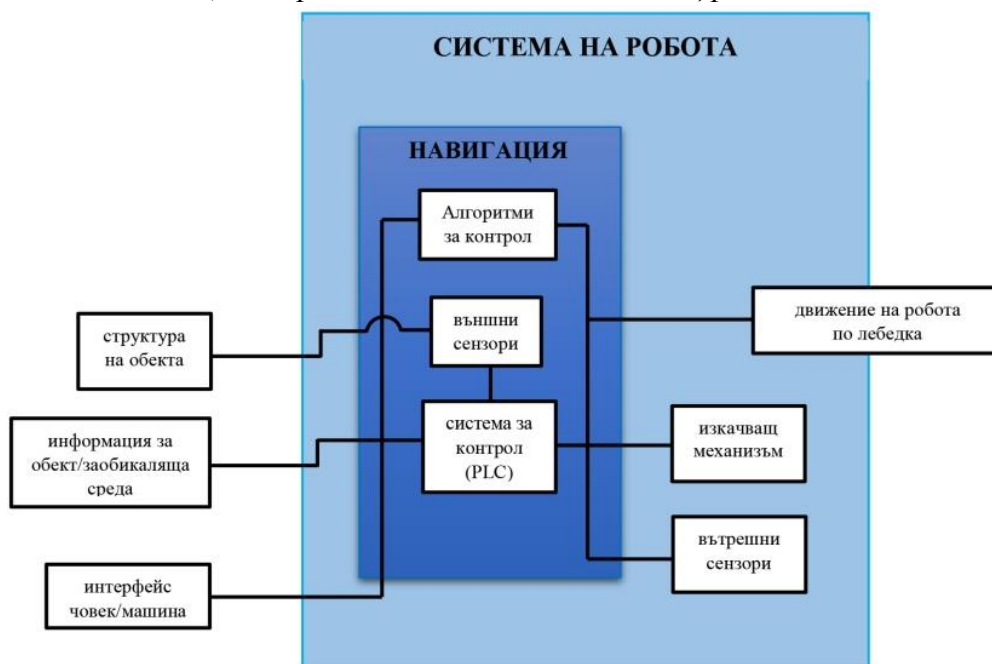


Фиг. 6 Система за автоматично почистване на фасадите

Важна част от роботизираните системи за почистване на фасади са системите за управление, които включват задачите за почистване, разделени на различни действия, и които трябва да се извършват едновременно от различните модули на роботите. (Фиг. 7)



а) контролна система на почистващ робот I



б) концепция на контролната система

За управляващата система на робота (Фиг. 7а) се използва програмируен логически контролер (PLC), който може директно да отчита импулсните сигнали от енодера и директно да управлява електромагнитните клапани, релета и вакуумни ежектори. Добавения FX2N-4AD към системата, може да идентифицира сензорните аналогови сигнали. Управлението и мониторингът на робота се осъществява чрез графичен потребителски интерфейс (GUI), за да се осигури ефективна и лесна работа на робота.

Комуникационният интерфейс между PLC и контролера на следващото устройство е проектирано да синхронизира следящото движение на кабелите. Сензорите на робота са разделени на външни и вътрешни сензори. Външните сензори са отговорни за събирането на информация за работната среда. Вътрешните сензори трябва да отразяват състоянието на робота. Има два вида външни сензори на робота: чувствителни сензори и ултразвукови аналогови сензори. За всяка активна връзка има крайни превключватели, които дават на контролера положението на връзката. На връзката, където е необходима точната позиция, се използва оптическият енкодер. Вакуумните сензори се използват за наблюдение на вакуумното състояние на вендузите и предоставят информация, за да се определи дали засмукването на стъклената повърхност е стабилно.

Избрана за стабилността и модулността на робота (Фиг. 7б) и системата за контрол на командния капацитет отново е програмируем логически контролер (PLC), който се намира на борда и контролира цялата система. Той синхронизира механизма за движение с тролея и главата за почистване. Всички движения и действия на робота са напълно автоматизирани. Роботът е програмиран модулно, така че да може да се пренася на голям брой различни фасади с минимално препрограмиране. Робота не започва с информация за всички пречки, с които ще се сблъска по пътя си. PLC следи повърхността и пречките. Сензорите идентифицират и измерват препятствията и рамката на прозорците. След това PLC генерира съответните стъпки, за да може роботът успешно да премине през препятствията и рамките на прозорците. Главата за почистване не изисква подробна информация за повърхността на фасадата. Системата за почистване има свои собствени сензори, които откриват препятствията и крайните позиции.

Единствената информация за ръчно въвеждане, която роботът изисква преди да започне да работи на дадена повърхност е малко познания за общата структура на повърхността на сградата, преди да може да се генерира движение. Входните данни включват крайни позиции, разстояния на движение и характеристики на траекторията. Роботът автоматично открива всяка друга необходима информация за повърхността по време на работа, допълвайки ги от онлайн сензори, които улавят повърхността на фасадата и търсят възможни препятствия. В допълнение към идентифицирането на препятствията, външната сензорна технология също така коригира посоката на движение. Сензорите установяват къде роботът трябва да се отклони от пътя, напр. греди или прозорци.

Целта на развитието на този вид работи е кинематичната система, която да може да се използва върху множество планарни вертикални повърхности и да носи инструменти с различни приложения.

Кинематичната концепция се опитва да постигне три цели: да гарантира постоянен контакт между робота и повърхността, да преодолява множество препятствия и да се движи бързо по фасадата. Специално обмислени са пораждането на достатъчно сила на контакт за да се противопостави на индуцираните сили на взаимодействие, както и на силата на вятъра.

Модулната кинематиката на този робот (Фиг. 8) се основава на структура от две двойки линейни модули, всеки от които е окомплектован с няколко вакуумни вендузи. Дължината на модулът и броят на вакуумните вендузи са параметри на системата, зависещи от структурата на повърхността. Пневматичните цилиндри осигуряват допълнителна степен на свобода чрез движение на отделните вендузи перпендикулярно на повърхността.

Четири линейни модула функционират по два, което гарантира сигурност и стабилен контакт. Двете двойки си взаимодействат за да придвижат системата без прекъсване по

вертикалната ос. Едната двойка изпълнява едно и също линейно движение, като по този начин осигурява сигурен и стабилен контакт с фасадата.

Понеже тежестта на работа се пренася чрез кабели, неговата тежест по повърхността е малка. Вертикалното движение по повърхността се създава само чрез отпускане на кабела, докато линейните модули в контакт с повърхността се използват като временни направляващи релси. Отпускането на кабела може да се задвижи чрез тролей отгоре или чрез разполагане на подежник директно върху работа.



Фиг. 8 Кинематични и навигационни сензори

Серво задвижванията придвижват всеки от външните или вътрешните смукателни елементи до следващата позиция на прозореца по рамката. Линейните модули със смукателните клапани са разположени по такъв начин, че се намират над или под хоризонталните рамки, когато се прикрепят към фасадата. След като смукателния клапан се засмуче, спирачката на задвижването се деактивира и другите изсмукващи елементи се освобождават и се прибират. Навиването и отвиването на закрепващите кабели на лебедката води до движението на работа нагоре и надолу по фасадата. Редуването на външните и вътрешните смукателни клапанни единици с 2 x 3 смукателя всеки, поражда движението на работа. Тъй като роботът се повдига или спуска до желаното положение, другата активирана двойка линейни модули се премества в следващата свободна позиция.

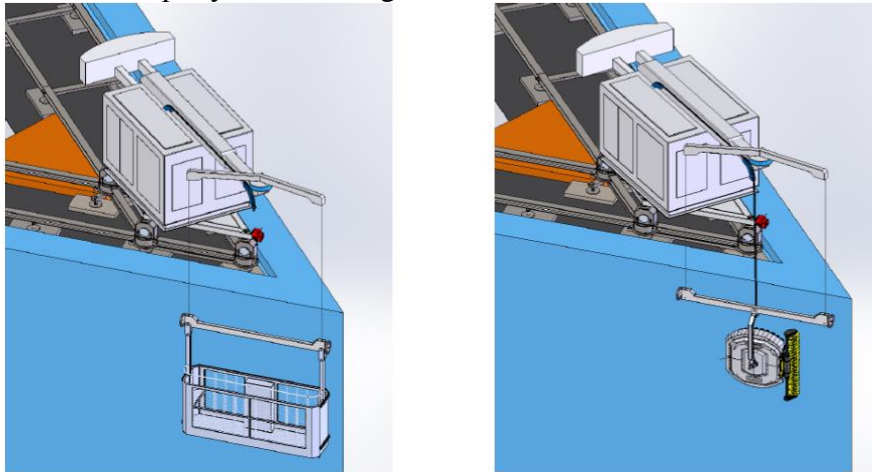
Сензорите за токове на Фуко, монтирани на горната и долната част на тялото на работа, откриват и съхраняват позициите на хоризонталните рамки на стъклата.

Едно от изискванията за работа на открито при силни ветрове е, че роботът трябва да може да коригира посоката си на движение, ако се отклони от курса. За тази цел вътрешната двойка линейни модули е с регулируем наклон, давайки малки насочващи движения, които да поддържат работа в права линия.

С помощта на компютърно моделиране е възможно при известни максимално пропускане на въздух, максимален наклон при работа, максимална височина на сградата и температура на атмосферата да се проектира процеса предварително, с цел пускане на продукта на пазара по-бързо от всякога чрез използването на повече

виртуални модели на продукта и по-малко скъпи физически прототипи. Това води до печалби на пазара, по-ниски разходи за разработка и подобро качество на продуктите. На Фиг.7 са представени двата варианта на почистване на сградата с робот, с помощта на продукта NX Unigrafix.

С помощта на компютърно моделиране е възможно при известни изходни данни да се проектира процеса. На Фиг. 9 са представени двата варианта на почистване на сградата с робот, с помощта на продукта NX Unigrafix.



Фиг. 9 Компютърно проектиране на процеса на почистване

Предимства и ползи при използване на роботизирана почистваща техника са: по-големия почистващ капацитет, в сравнение с ръчното почистване; с напълно автоматизираната система има нужда само от един човек, който да настройва и премества системата; комбинацията от въртящи четки и деминализирана вода гарантира перфектен резултат на почистване; лесен радио контрол чрез използването на джойстик или напълно автоматизирана система; дискретно почистване на жилищни сгради, хотели и др.

References

- [1] ELKMANN N., FELSCH. T., SACK M., BOHME T. (1999). Modular climbing robot for outdoor operations, Proceedings of CLAWAR 1999, Second International Conference on Climbing and Walking Robots, Page 413-419, Portsmouth, U.K.
- [2] ELKMAN, N., FELSCH, T., SACK, M., SAEZ, J. AND HORTING, J. (2002). Innovative Service Robot Systems for Fagade Cleaning of Difficult-to-Access Areas, Proceedings of the 2002 IEEE/RSJ Intl. Conference on Intelligent Robots and Systems, Lausanne, Switzerland.
- [3] GAMBAO E., HERNANDO M., HERNANDEZ F. AND PINILLA, F. (2004). Cost-Effective Robots for Fagade Cleaning, Proceedings of the 2004 Inernational Symposium of Automation and Robotics in Construction. Jeju, Korea.
- [4] GAMBAO E. AND BALAGUER C. (2002). Robotics and Automation in Construction, IEEE Robotics and Automation Magazine. Vol. 9. No 1. (March 2002), ISSN 1070-9932
- [5] GAMBAO E. AND HERNANDO M. (2006). Control System for a Semi-automatic Fagade Cleaning Robot , Proceedings of the 2006 Inernational Symposium of Automation and Robotics in Construction. Tokyo, Japan.
- [6] SCHRAFT, R. D., BRAUNING, U., ORLOWSKI, T. AND HORNEMANN, M.

- (2000). Automated Cleaning of Windows on Standard Fagades, Automation in Construction Vol. 9, Issues 5-6, (September 2000) 489-501, Elsevier, ISSN: 0926-5805.
- [7] SCHRAFT, R. D., VOLZ, H., "Serviceroboter", Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996
- [8] JAPAN ROBOT ASSOCIATION (JARA), "The specifications and applications of robots in Japan - non manufacturing field", Japan, 1997
- [9] ELKMANN, N., FELSCH, T., SACK, M., BÖHME, T., "Modular climbing robot for outdoor operations", Proceedings of CLAWAR 1999, Second International Conference on Climbing and Walking Robots, Portsmouth, 13.-15. September, 1999, pp. 413-419