

## ТРАНСПОРТ ТАРМОҒИДА АВТОТРАНСПОРТ МАРШРУТЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ МАСАЛАСИНИНГ ҚЎЙИЛИШИ

А.Ў. Қўзиев, С.К.Абдуллаев

Термиз давлат университети

Автотранспорт воситаларининг иш кўрсаткичларини ҳар бир ташиш маршрутига нисбатан меъёрлаштириш мақсадга мувофиқ. Чунки “ҳайдовчи-транспорт воситаси”ни юк ёки йўловчи ташиш фаолияти мана шу маршрутда кечади ва бу фаолиятнинг нечоғлик “оғир” ёки “енгиллиги”, “харажатдорлиги” ва шу кабилар айнан маршрутнинг кўрсаткичлари (узунлиги, йўл шароитининг оғир ёки енгиллиги, ҳаракатни ташкил этишга қўйилган талаблар шу каби кўплаб факторлар)га боғлиқдир.

Маршрут тушунчаси юк ёки йўловчи ташиш жараёнларини бошқариш масалаларини қўйилишида ва ечишда муҳим аҳамиятга эга.

Юк ташиш маршрути-бу юк жўнатувчи ва қабул қилувчи манзиллар-корхона ташкилотлараро маълум бир муддат давомида ташиш жараёнини ташкил этувчи объектлар (юк ортиш, тушириш манзиллари, техника ва технологияси, мазкур манзилларни боғловчи автомобил йўллари ва ҳаракатни ташкил этувчи воситалар ва услублар) мажмуидир[1].

Бунда ташиш жараёни юкни автотранспорт воситасига ортиш ва жўнатиш, юкланган автомобилни жўнатувчи манзилдан қабул қилувчи манзилга ҳаракатлантириш, юкни тушириш ва қабул қилиш ҳамда автомобилларни яна юк жўнатиш манзилига кейинги қатновни бажариш учун ҳаракатлантириш жараёнларини ўз ичига қамраб олади.

Автотранспортни маршрутлаштириш муаммолари (Vehicle Routing Problems, VRP) амалиётда кенг қўлланилувчи комбинаторли оптималлаштириш доирасидаги фундаментал муаммо ҳисобланади. Автотранспортни маршрутлаштириш юк ташиш ва товарларни охирги истеъмолчиларга етказиш билан бевосита боғлиқ бўлган корхоналарнинг логистик режаси асосида шакллантирилади. Транспорт оқимларини маршрутлаштириш масаласини ечишнинг янги самарали усулларини ишлаб чиқиш ва амалиётга қўллаш автотранспорт корхоналари харажатларини камайтириш, хизмат кўрсатиш сифатини ошириш транспорт воситаларининг кутиш вақтини камайтириш ва ҳ.к. имкониятларини таъминлайди.

Автотранспортни маршрутлаштириш масаласи биринчи бўлиб 1959 йилда Джордж Данциг ва Джон Рамсер томонидан [2] қўлланилган, лекин маршрутлаштириш сўнгги йилларда кенгроқ доирада ривож топди. Кейинги

йилларда савдо тармоқларининг ривожланиши, катта шаҳарларда аҳоли сонининг ўсиши, мамлакатимизда транспорт инфраструктурасининг тараққий этиши худуддаги транспортли ташиш структурасини оптималлаштиришнинг янги самарали ахборот ҳисоблаш технологияларини ишлаб чиқишни тақоза этмоқда.

Замоновий ахборот технологияларининг ривожланиши юк ташишни режалаштиришни автоматлаштиришнинг мавжуд алгоритмлари самарали ечим бериш имконияти талабга жавоб бермай қолди. Янги алгоритмларни ишлаб чиқиш, уларнинг ечими катта ўлчамдаги масалаларни ечишни излашда вақтни тежаш имконини беради ва шуни билан бир вақтда олинган ечимнинг сифати ҳам ошади.

Транспорт-логистика жараёни тадқиқот объекти ҳисобланади. Янги алгоритмларни ишлаб чиқишнинг моҳияти транспорт масаласини назарий ва амалий тадқиқ этиш ҳисобланади ва уларнинг ечими мазкур жараённи бошқариш самарадорлигини оширишга қаратилган. Олинган ечим маълумотни қайта ишлашнинг замоновий усулларида фойдаланиб амалга оширилади. Автотранспортни маршрутлаштириш масаласи (Vehicle Routing Problems. VRP)–бу катта ҳажмдаги тадқиқот операциясидир. Мазкур тоифадаги масалани ечиш билан транспорт логистикаси шуғулланади. Бизнинг мамлакатимизда бу йўналиш чет давлатлардагидек ҳали етарлича ривож топмаган ва асосан махсус ишлаб чиқариш доирасида ривожланмоқда.

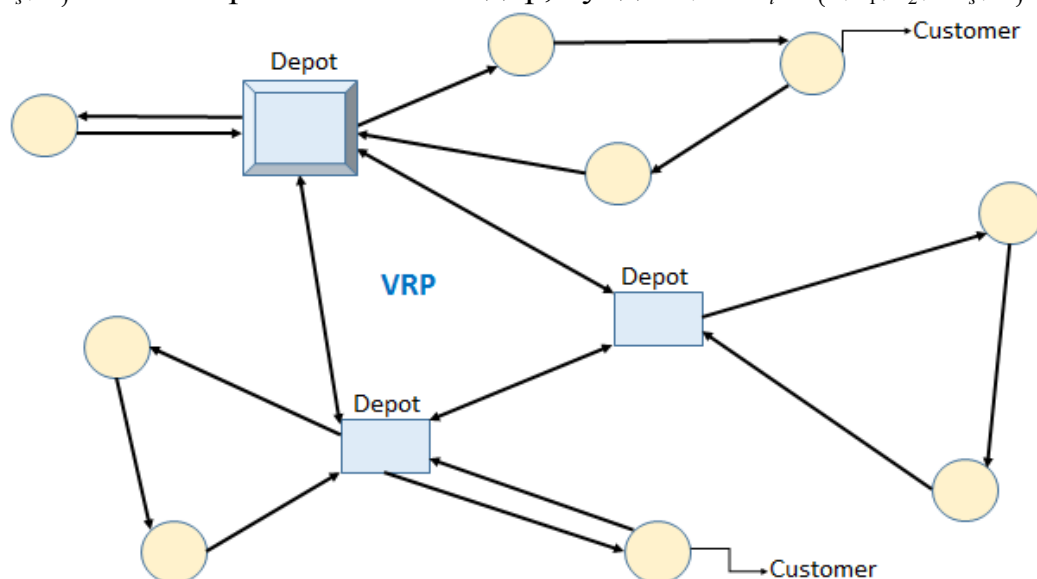
Автотранспортни маршрутлаштириш масаласини исталган маҳсулотни жўнатувчидан мижозларга ташишнинг оптимал режаси (харажатлар минимуми бўйича) кўринишда қараш мумкин (1-расмда VRP масаласининг графикли кўриниши келтирилган). Бунда қўшимча чекловлар назарда тутилади. Қўшимча чекловлар транспорт воситаси сони, келиш вақти ва жўнаш вақти, юк кўтариш қобилияти, маршрут давомийлиги ва ҳ.к.лардан иборат бўлади. Транспорт воситасининг юк ташишдаги умумий харажатлари йиғиндисини юк ташиш режасининг самарадорлик мезони ҳисобланади.

Майда ҳажмли ташишни маршрутлаштириш-бу юк ва йўловчиларни бир неча манзилларга кетма-кет рационал тарқатиш ёки йиғиш маршрутларини тузиш демақдир. Математик моҳиятига кўра бу масала бир неча манзилларни ўзаро боғлайдиган схемани аниқлашдан иборат бўлиб, бунда бошланғич ва охириги пунктлар depot (омборхона) бўлиши ҳамда қолган манзиллардан фақат бир марта ўтилиши лозим. Энг оддий кўринишда бу масала математиканинг классик “коммивояжер масала”сига келтирилади [1].

Юк жўнатиш пункти  $v_0$  дан (depot) олувчи пунктларга  $v_{1-n}$  юк ташилиши лозим. Ҳар бир олувчига ташиладиган юк миқдори  $q_i$  берилган. Юк ташишни бажаришда  $m$  сондаги автомобиллар  $m = \{1, 2, \dots, i, \dots, m_0\}$  иштирок этиши мумкин. Ҳар бир  $i$  автомобил учун юк кўтарувчанлик  $q_i$  маълум  $i \in \{1, 2, \dots, m\}$ . Автомобиллар тартиб рақамлари  $m = \{1, 2, \dots, m\}$  шундай белгиланганки, бунда қуйидаги шарт

$$q_1 \leq q_2 \leq \dots \leq q_m.$$

Ҳар бир  $i$  автомобил учун тузилган  $R_i$  маршрут бу маълум  $\{V, v_1^i, v_2^i, \dots, v_s^i, V\}$  манзиллар кетма-кетлигидир, бунда  $V, v \in R_i = \{V, v_1^i, v_2^i, \dots, v_s^i, V\}$ .



**1-расм. Маршрутлаштириш масаласини ечишга оид мисол**

Ҳар бир  $i$  автомобил учун шундай  $R_i$  маршрут аниқлаш керакки, бунда манзиллар оладиган юк миқдорларининг йиғиндиси автомобил юк кўтарувчанлигидан ошмаслиги керак, яъни

$$\sum_{v \in R_i} Q \leq q_i, \quad i \in \{1, 2, \dots, m\}.$$

Бунда барча маршрутлар тўплами  $\{R_i\}$  учун қуйидаги шарт бажарилиши лозим:

-бирорта ҳам олувчи манзил иккита маршрутга масалан,  $(R_i$  ва  $R_r)$  маршрутларга кирмаслиги,  $R_i$  ва  $R_r$  маршрутларга тегишли бўлган олувчи пунктлар кесишмаси бўм-бўш бўлиши керак, яъни

$$r \neq i \rightarrow R_i \cap R_r = \emptyset, \quad r, i \in \{1, 2, \dots, m\};$$

Ҳамма олувчиларга юк олиб борилиши лозим, яъни

$$\bigcup_{i \in \{1, \dots, m\}} R_i = \{1, 2, \dots, m\}$$

тузилган маршрутлар системаси энг кам (юриладиган йўл узунлигини) харажатдорликни таъминлаши керак.

$$F_{VRP} = \sum C(R_i) \rightarrow MIN, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

бу ерда  $C(R_i)$  -  $R_i$  маршрут звенолари узунлиги йиғиндиси.

Автотранспортни маршрутлаштириш масаласи классификациясини бир неча вариантларда келтириш мумкин [3]. Одатда, оптималлаштиришнинг реал масалалари қўшимча чекловлар ва вариациялар тўпламида пайдо бўлади, қуйида булардан асосийлари келтирилган:

1. Юк кўтариш қобилияти чекланган ҳолда маршрутлаштириш (Capacitated VRP-CVRP): Автотранспорт воситалари сифими чекланган ҳолда маршрутлаштириш масаласи бўлиб, бунда ҳар бир транспорт воситаси маълум белгиланган юк кўтариш қобилиятига эга бўлади.

Мазкур масалаларда қўшимча чекловлар киритилади: ҳар бир маршрутдаги  $R_i$  ташиш ҳажми берилган  $Q$  қийматдан ошмаслиги керак.

Мақсад: юк ташиш талабини бажариш учун транспорт бирлигини минимумга келтиради ҳамда топшириқни бажариш вақтини ҳисобга олади.

Қўшимча чекловлар: ҳар бир маршрутда юклар ҳажми йиғиндиси берилган қийматдан ошмаслиги керак (ҳамма автомобиллар учун бир хил).

2. Чекланган вақтда хизмат кўрсатиш бўйича маршрутлаштириш (VRP with Time Windows -VRPTW): амалий масалаларни ечишда “вақт дарчаси”ни ҳисобга олиш зарурати пайдо бўлади. Бу моделда ҳар бир мижоз индивидуал вақт оралиғи (дарчаси)га эга бўлади. Бу ораликда мижоз буюртма бериши мумкин.

Мақсад: ҳар бир мижозга маълум вақт оралиғида хизмат кўрсатилишини таъминлаш.

Қўшимча чекловлар: мазкур тоифадаги масалаларда хизмат кўрсатиш вақт бўйича чеклови асосида амалга оширилади.

Одатда, мижоз иш куни давомида буюртма бериши мумкин. Бунда мижозга хизмат кўрсатиш вақт дарчаси доирасидан ташқарида хизмат кўрсатилмайди. Бу эса мазкур масаланинг мураккаб тури ҳисобланади.

3. Бир нечта омборхоналардан (depot) фойдаланган ҳолда маршрутлаштириш (Multiple Depot VRP, MDVRP): мижозларга хизмат кўрсатадиган бир неча омборхоналар бўлиши мумкин. Агар ҳар бир депо атрофида истеъмолчилар тартиб билан тўпланган бўлса, бир нечта мустақил масалалар шакллантирилади. Бироқ, истеъмолчилар ва деполар тартибсиз жойлашган бўлса, бир неча деполардан фойдаланишдаги маршрутлаштириш масаласи ечимини излаш керак бўлади.

Мазкур масала истеъмолчиларни ҳар хил деполар бўйича тақсимлашни талаб этади. Ҳар бир депода транспорт сарой (парк)и жойлашади. Ҳар бир автомобил ўз депосидан ишни бошлайди, мазкур депога бириктирилган истеъмолчиларга хизмат кўрсатади ва кейин ортга қайтади.

Мақсад: транспорт саройи ва маршрутдаги умумий вақтни минимумга келтириш.

Чекловлар: ҳар бир маршрут VRPнинг стандарт чекловлари талабларини қондириши ҳамда мазкур депода ишни бошлаши ва ниҳоясига етказиши керак.

4. Маҳсулотларни омборхонага қайтаришни маршрутлаштириш (VRP with Pick-Ups and Delivering, VRPPD): мазкур масалада истеъмолчиларга юкларни етказиш ва истеъмолчилардан депога юкни қайта ташиш талаб этилади. Истеъмолчи депога қайтараётган юк ташиётган автомобил сифимидан ошмаслиги керак. Бу чеклов масалани режалаштиришни мураккаблаштиради ва транспорт воситаси сифимидан унумсиз фойдаланишга, умумий масофа ва деподаги транспорт воситаси сонининг ошишига олиб келиши мумкин. Масалани соддалаштириш учун одатда, қўшимча чекловлар қабул қилинади, масалан, барча истеъмолчиларга юкни етказиш деподан бошланади ва барча истеъмолчилардан юкни қайтариш депода ниҳоясига етади, яъни истеъмолчилар ўртасида юк алмашилмайди.

Бошқа усулда эса ҳар бир истеъмолчига бир қатнов амалга оширилади. Яна бир бошқа одатий усул мавжуд бўлиб, яъни ҳар бир транспорт воситаси мижозлардан юк қабул қилишдан аввал барча юкларни ташийди (VRP with Backhauls, VRPB).

Мақсад: транспорт саройи ва умумий ҳаракат вақтини минимумга келтириш.

Чекловлар: истеъмолчиларга етказиладиган юк ва депога қайтарилиши учун истеъмолчилардан олинadиган юк маршрутнинг ҳеч бир нуқтасида транспорт воситаси сиғимидан ошмаслиги керак.

5. Мижозлардан юкни қайтаришни маршрутлаштириш (VRP with Backhauls, VRPB): мазкур масала автотранспортни маршрутлаштириш масаласининг кенгайтирилган кўриниши ҳисобланади. Истеъмолчиларга юкни етказиш ва улардан юкни депога қайтариш масаласи (VRPPD)да қайтарилиши мўлжалланган юк ҳажми транспорт воситаси сиғимидан катта бўлмаслигини эътиборга олиш керак. Мазкур масаланинг VRPPDдан фарқи шундаки, яъни исталган маҳсулотни депога қайтаришдан аввал, деподан истеъмолчиларга талаб этиладиган барча юклар етказилади. Бу талабнинг пайдо бўлишига асос шундаки, транспорт воситалари қайтишда юкланади, натижада юк ташиш кечикади ва деподан маҳсулотларни ўз вақтида истеъмолчиларга етказилмаслиги иқтисодий самара бермайди ҳамда ноқулай ҳолатни юзага келтиради. Чунки, ташилиши ва қабул қилиниши мўлжалланган юк миқдори олдиндан аниқ ва белгилаб қўйилган бўлади.

Мақсад: шундай маршрутлар тўпламини топиш керакки, бунда умумий ўтилган масофа энг кам бўлсин.

Чеклов: мижозлар айрим маҳсулотларни омборхонага қайтариши омборхонадан барча маҳсулотлар етказилгандан кейин амалга оширилади; маҳсулотни истеъмолчиларга етказишдаги ва истеъмолчилардан қайтаришдаги юк ҳажми транспорт воситаси сиғимидан ортиқ бўлмаслиги.

6. Ҳар хил транспорт турларида маршрутлаштириш (Split Delivery VRP, SDVRP): мазкур масала битта мижозга ҳар хил транспорт туларида хизмат кўрсатиш имконини беради, қачонки умумий таннархи энг кам бўлса.

Мақсад: транспорт саройи ва барча мижозларга хизмат кўрсатишнинг умумий вақтини минимумга келтириш.

Чеклов: автотранспортни маршрутлаштириш (VRP)нинг классик масаласидан фарқли равишда SDVRP масаласида мижозга фақат битта автомобилда хизмат кўрсатилади чекловини бекор қилади. Бундан ташқари транспорт саройи ҳар хил сиғимли транспорт воситалари таркибига эга бўлади.

7. Даврий маршрутлаштириш (Periodic VRP, PVRP). Автотранспортни маршрутлаштириш (VRP)нинг классик масаласида режалаштиришнинг даври-бир кун. Мазкур масалада маҳсулотни етказиш бир неча кун давомида амалга оширилиши мумкин.

Мақсад: транспорт саройи ва барча мижозларга хизмат кўрсатишнинг умумий вақти энг кам бўлишлиги.

Чеклов: VRPнинг классик масаласидагидек.

8. Тасодифий маълумотлар бўйича маршрутлаштириш (Stochastic VRP, SVRP): автотранспортни маршрутлаштириш (VRP)нинг мазкур вариантыда масаланинг бир ёки бир неча компонентлари тасодифий характерга эга бўлиши мумкин.

- Мижозлар тасодифий: ҳар бир миқдор  $P$  эҳтимоллик билан мавжуд ва  $P-1$  эҳтимоллик билан иштирок этмайди.
- Талаб тасодифий: ҳар бир миқдорнинг маҳсулотга бўлган талаби (сўрови)-тасодифий миқдор.
- Вақт тасодифий: истеъмолчилар ўртасидаги масофа-тасодифий миқдор. SVRP масаласини ечиш икки босқичда амалга оширилади. Биринчи босқичда тасодифий ўзгарувчилар ҳисобга олинмаган ҳолда ечимга эга бўлади. Иккинчи босқичда тасодифий қийматлар маълум бўлади ва олдин олинган ечим коррекцияланади.

Мақсад: транспорт саройи ва барча миқдорларга хизмат кўрсатишнинг умумий вақтини минимумга келтириш.

Чеклов: айрим маълумотлар номаълум бўлганда барча тасодифий ўзгарувчилар учун ҳамма чекловларни бажариш имкони бўлмай қолади.

Масалан, SVRP масаласида истеъмолчилардан маҳсулотни депога қайтариш ва транспорт воситасининг сифими бўйича чекловини коррекциялашнинг мумкин бўлган усули қуйидагича бўлади:

- тўла юкланган транспорт воситасини тушириш учун депога қайтариш ва кейин маршрут бўйича йўлини давом эттириш;
- транспорт воситаси тўла юкланмаган бўлсада депога қайтаришни режалаштириш. Бундай ҳолатда кейинги истеъмолчидаги юк миқдори автомобил юк кўтариш қобилиятидан ортиқлиги маълум бўлса транспорт воситаси депога қайтарилиши мумкин бўлади.

9. Қайта юклашни маршрутлаштириш (VRP with Satellite Facilities, VRPSF): VRPнинг классик масаласида ҳар бир маршрут деподан бошланади ва депода ниҳоясига етказилади. Транспорт воситасининг депога қайтишига асосий сабаблардан бири унинг юк кўтариш қобилиятининг чекланганлигидир. Транспорт воситаси барча юкларни тарқатгандан сўнг кейинги юк партияси учун депога қайтади. Бироқ, айрим ҳолатларда транспорт воситасини депога қайтармасдан қўшимча транспорт воситаси ёрдамида маршрутда қайта юклашни амалга ошириш қулайлик келтиради.

Мақсад: маълум муддатда маҳсулотларни миқдорларга етказиш харажатларининг энг кам бўлиши.

Чеклов: миқдорнинг омборхонадаги маҳсулоти етарли бўлиши.

Ҳозирги кунда минимал вақт давомида маршрутлаштириш масаласини ечишнинг аниқ ечимини берадиган алгоритмлар мавжуд эмас. Мазкур масалани ечишнинг ўзига хос қийинчиликлари бор. Улардан асосийлари қуйидагилар ҳисобланади: кўп вариантлилиги ва катта ўлчамлилиги; ташиш харажати функциясининг юк оқими ҳажмига боғлиқ бўлган ўзгариш характери чизикли эмаслиги; масалани динамик кўринишда ечиш зарурияти; таққосланаётган транспорт турлари ўртасида юк ташиш харажатларини

ҳисоблашнинг мураккаблиги ва ҳ.к. Шунингдек бу каби масалаларни ечиш учун математик моделини ишлаб чиқиш ҳам жуда мураккаб, чунки ташишнинг барча кўп факторли шартларини ҳисобга олиш зарурдир.

Хулосада шуни таъкидлаш жоизки, яъни кўпгина илмий мақолаларда бошланғич планни тузишга унчалик катта аҳамият берилмаган ва уни яхшилаш босқичига эса кўпроқ эътибор қаратилган. Бошланғич базис план сифатида чеклаш тенгламаларини қаноатлантирадиган ва ўзгарувчилари манфий бўлмаган ҳар қандай планни қабул қилиш мумкинлиги баён этилган. Аммо базис плани қанчалик яхши тузилган бўлса ундан оптимал плангача бўлган итерациялар (планни ўзгартириш-яхшилаш цикллари) сони шунча кам бўлади. Шунинг учун оптималга яқин бошланғич план тузиш мақсадга мувофиқдир.

#### Адабиётлар

1. Бўтаев Ш.А., Сидиқназаров Қ.М., Муродов А.С., Қўзиёв А.Ў. Логистика (Этказиб бериш занжирида оқимларни бошқариш).-Тошкент, “Эхтремум-Пресс”, 2012.-577.

2. Guido Perboli, Roberto Tadei, Daniele Vigo: The Two-Echelon Capacitated Vehicle Routing Problem: Models and Math-Based Heuristics // Transportation Science.-2011.-№45(3).-P.364-380.

3. Vehicle Routing Problems [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://neo.lcc.uma.es/vrp>.

4. Задача маршрутизации транспорта [Электронный ресурс].-Режим доступа: <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/vrp-2006>.

## **ТРАНСПОРТ ТАРМОҒИДА АВТОТРАНСПОРТ МАРШРУТЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ МАСАЛАСИНИНГ ҚЎЙИЛИШИ**

**Қўзиев А.Ў., Абдуллаев С.К.**

*Мазкур моқолада юк ташишни маршрутлаштириш тушунчасига кенгроқ изоҳ келтирилган. Автотранспортни маршрутлаштириш масаласининг қўйилиши кўрилган ва майда ҳажмли юкларни маршрутлаштиришнинг математик модели келтирилган, бу каби масалаларнинг амалиётда қўлланилиш имкониятлари кўрсатилган, автотранспортни маршрутлаштириш масаласини ечиш учун асосий ёндошувлар қаралган.*

## **ПОСТАНОВКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА НА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ**

**Кузиев А.У., Абдуллаев С.К.**

*Статье изложены обобщённые значения маршрутизации автоtransporta. Рассмотрены постановка задачи маршрутизации автоtransporta и приведены математические модели маршрутизации мелко партийных грузов, показаны возможности применения такого типа задач на практике, рассмотрены основные подходы для решения задачи маршрутизации автоtransporta.*

## **STATEMENT OF OPTIMIZATION VEHICLE ROUTING PROBLEMS ON TRANSPORT NETWORK**

**Kuziev A.U., Abdullaev S.K.**

*In the given article the notion of vehicle routing the transportation is discussed more widely, besides, the problem of vehicle routings of transport is put in generalized form. There shown the possibility of the using of such type of the problems in practice, considered the main varieties of the problem and the main approaches for decision of vehicle routing problems on transport is studied.*