

**ПОЛИВИНХЛОРИД ПЛАСТИЗОЛЛАРИНИНГ ОЛОВБАРДОШЛИГИНИ  
ОШИРИШ УСУЛЛАРИНИ  
ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

*т.ф.д., проф Ф.Н.Нурқулов,*

*Кимё технологиялари илмий-тадқиқот институти лаборатория мудури.*

*Ў.Д.Ҳакимов,*

*Қашқадарё вилояти ФВБ*

***Аннотация.** Ушбу тадқиқот ишининг мақсади полимер материаллар учун истиқболли оловни тўхтатувчи бўлиши мумкин бўлган фосфорни ўз ичига олган янги бирикмаларни синтез қилишдир. Асоси 100 масса улуши эмулсион поливинхлорид, 65 масса у. пластификатор (диоктилфталат) ва 2 масса у. стабилизатор (барий ва кадмий стеарати)ни ташиқил этадиган композицияга 0,05 дан 0,5 масса улушигача бўлган миқдорда полифосфор хлорид антипирени киритилди. Ушбу полимерик органофосфорли антипирен ПВХ пластизолларнинг ёнувчанлигини камайтиришига таъсири ўрганилди ва уни ушбу материаллар учун ишлатишининг асосий имкониятлари кўрсатилди. ПВХнинг 100 масса улушига 0,05 дан 0,5 масса улуши миқдорида полимер тузидан фойдаланиш пластификатсияланган ПВХнинг ёнувчанлиги, тутун ҳосил бўлиши, алангаланишини камайтиришига олиб келиши аниқланди.*

***Калит сўзлар:** ПВХ пластизоллар, органофосфорли антипирен, пластификатор, ёнувчанликни камайтириш, оловбардошлик.*

**СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕУПОРНОСТИ  
ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ ИССЛЕДОВАНИЕ**

***Аннотация.** Целью настоящей работы является синтез новых фосфорсодержащих соединений, которые могут оказаться перспективными антипиренами для полимерных материалов. Основа – 100 массовая доля эмульсионного поливинилхлорида, 65 массовых у.е. пластификатор (диоктилфталат) и 2 масс. ед. В состав стабилизатора (стеараты бария и кадмия) добавляли полифосфорхлоридный антипирен в количестве 0,05-0,5 массовой доли. Изучено влияние этого полимерного фосфорорганического антипирена на снижение горючести ПВХ-пластизолей и показаны основные возможности его применения для этих материалов. Установлено, что использование полимерной соли в количестве 0,05-0,5 массовой доли на 100 массовой доли ПВХ снижает горючесть, дымообразование и горючесть пластифицированного ПВХ.*

***Ключевые слова:** пластизоли ПВХ, фосфорорганический антипирен, пластификатор, снижающий горючесть, огнестойкость.*

## ***METHODS OF INCREASING THE FIREABILITY OF POLYVINCHLORIDE PLASTICIZERS RESEARCH***

***Annotation.** The aim of this research work is to synthesize new phosphorus-containing compounds that can be promising flame retardants for polymeric materials. The basis is 100 mass fraction emulsion polyvinyl chloride, 65 mass u. plasticizer (dioctyl phthalate) and 2 mass u. polyphosphoric chloride flame retardant was added in the amount of 0.05 to 0.5 mass fraction to the composition of stabilizer (barium and cadmium stearate). The effect of this polymeric organophosphorus flame retardant on reducing the flammability of PVC plastisols was studied and the main possibilities of its use for these materials were shown. The use of polymer salt in the amount of 0.05 to 0.5 mass fraction per 100 mass fraction of PVC was found to reduce the flammability, smoke generation, and flammability of plasticized PVC.*

*Keywords: PVC plastisols, organophosphorus flame retardant, plasticizer, reducing flammability, fire resistance.*

Ҳозирги вақтда миллий иқтисодиётнинг барча тармоқларида термопластик полимер материалларга бўлган эҳтиёж доимий равишда ортиб бормоқда. Термопластиклар бир қатор ижобий хусусиятлар, жумладан, паст ўртача зичлик, юқори мустаҳкамлик хусусиятлари ва конструктив сифат коэффициенти, паст иссиқлик ўтказувчанлиги, юқори кимёвий қаршилиқ, ишқаланишга қаршилиқ ва технологик (ишлаб чиқариш) қобилияти туфайли кенг қўлланилди. Деярли барча полимер материалларнинг юқори ёнувчанлиги барча камчиликларнинг асосисидир. Ушбу фактнинг ўзига хос хусусияти ёнаётган бинонинг барча хоналарида ёнғиннинг тез тарқалиши, ёниш маҳсулотларининг юқори токсиклиги, хоналарда сезиларли даражада тутун ва ўртача ҳажмли ҳароратнинг тез кўтарилишидир.

Пластификатор полимер материалларнинг композит таркибига кирадиган асосий компонентлардан бири бўлиб, уларсиз полимер материалларни қайта ишлаш мумкин эмас. Шу билан бирга, кенг қўлланиладиган саноат пластификаторлари орасида ушбу бирикмаларнинг катта қисми ёнувчан моддаларга тегишли. Бу ароматик ва алифатик карбоксиллик кислоталарнинг эфирлари, полиэстерлар, шунингдек эпоксид қатронлари бўлган бирикмалардир. Полимер ва винилхлорид полимерлари асосида пластиклаштирилган материалларнинг ёнувчанлигини пасайтириш муаммоси кўпинча турли хил ҳалоген ва фосфорни ўз ичига олган бирикмалар (ФБ) сифатида ишлатиладиган термостабил, қийин ёнувчан ва паст учувчан пластификаторлар ёрдамида ҳал қилинмоқда. ФБдан фойдаланганда полимер материалларнинг ёнувчанлигининг пасайиши асосан киритилган фосфор миқдорида боғлиқ деб ҳисобланадики, у таркибида массаси бўйича камида 5 % бўлиши керак.

Ёнғиндан ҳимояланган полимер материалларни олишнинг энг кенг тарқалган, самарали ва тежамкор усули бу антипиренлардан (полимер материалларнинг ёнувчанлигини камайтирадиган моддалар) фойдаланишдир. Фосфорни ўз ичига олган антипиренлар энг самарали оловни тўхтатувчилар гуруҳига киради. Қизил фосфор, фосфатлар ва полифосфатлар, фосфазенлар ва полифосфазенлар кўпинча материалларнинг ёнувчанлиги ва алангаланишини камайтириш учун ПВХ композитсияларига қўшимча сифатида ишлатилади. Ушбу турдаги антипиренларни истеъмол қилиш уларнинг материалларнинг ёнуванлигини ва ёниш пайтида ҳосил бўладиган тутун зичлигини камайтириш қобилияти, шунингдек ўз ичига олган ФБ антипиренли материалларнинг мукамал кимёвий ва физик хусусиятлари ва бунинг натижасида ёнғин хавфи кам бўлган материалларни олиш қобилияти туфайли энг тез суръатлар билан ошиб бормоқда.

ФБ-антипиренларнинг таъсири конденсатсияланган фазада намоён бўлади ва ёнувчанлик ва алангаланувчанликнинг пасайишига олиб келади. ФБ-антипиренларнинг таъсир қилиш механизми материалнинг пастки қатламларини кислород таъсиридан жисмоний ҳимоя қиладиган фосфор оксидлари ва кислоталарининг ҳосил бўлиши ёки сезиларли даражада паст экзометрик таъсир (эффект) билан уларнинг оксидланишини реакция йўналиши бўйича тартибга солиш билан боғлайди. Материалнинг карбонланган қатламининг сиртини жисмоний ҳимоя қилиш учун юзасида полифосфорик кислота ҳосил бўлиши, шунингдек, учувчан ёнувчи маҳсулотлар ҳосил бўлган прозил зонасининг водород радикалларининг ҳаракатчанлигини пасайишига олиб келадиган фосфорни ўз ичига олган парчаларнинг изолятсияси туфайли содир бўлади деб ҳисобланади. Шу билан бирга, фосфорни ўз ичига олган антипиренларни ишлаб чиқариш усуллари захарли ва ёнувчани оқ фосфордан фойдаланиш билан боғлиқ бўлган меҳнат талаб қиладди, улардан фойдаланиш бир қатор хавфсизлик чораларига риоя қилишни талаб қиладди, бу эса нархнинг ошишига олиб келади.

Аммо ФБнинг антипирен сифатида юқори самарадорлиги полимер материаллар учун ёнишни секинлаштирувчи сифатида ишлатилиши мумкин бўлган фосфорни ўз ичига олган янги бирикмаларни синтез қилиш бўйича ишларни давом эттиришга ёрдам беради.

Тадқиқот объектлари ДС (ГОСТ) 14039-78да белгиланган талабларга жавоб берадиган Е 6250-Ж поливинхлорид эмулсиясига асосланган композицион таркиблар эди. Намуналарни тайёрлаш учун ишлатиладиган поливинхлорид оқ ёнувчи кукундир. ТУ 6-09-17-319-96 талабларига жавоб берадиган диоктилфталат (ДОФ)  $C_6H_4(COOC_8H_{17})_2$  ва барий ва кадмий стеарат пластификатор ва стабилизатор сифатида ишлатилган.

Антипирен сифатида янги полимер органофосфор бирикмаси – [поли[(4-винилбензил) бис(2-фенилэтил)-лорметил)фенилитеил]фосфони хлорид] ўрганилди. Трофимов-Гусарова реакцияси натижасида қизил фосфордан синтез қилинган 4-винил-бензилхлорид ва бис(2-фенилэтил)фосфиндан муҳрланган ампулада янги фосфорорганик полимер олинди [10, 13-15]. Дастлабки мономерлар 1 : 1 нисбатида олинган, реакция ДАК иштирокида аргон атмосферасида 65-70 °С гача қиздирилганда 0,5 соат давом этган. Органофосфор полимери органик эритувчилар билан кетма – кет ювиш орқали 86% ҳосил қилинган ( $T_{пл}$  парчаланиш билан 312 °С) Полимер оқ кукун бўлиб, сувда ва органик эритувчиларда эримайди, чунки у ўзаро боғланган тузилишга эга.

ПВХнинг 100 масса улуши учун композитсияга киритилган поливинхлорид асосидаги антипирен миқдори 0,05 масса улушидан 0,5 масса улушигача ўзгарган, шу жумладан композитсиялардаги фосфор миқдори масса бўйича 0,0003 % -0,003 % ни ташкил этди. Керакли миқдордаги компонентлар бир хил масса олинмагунча яхшилаб аралаштирилади, шундан сўнг ҳосил бўлган масса 2 соат давомида чўктириш учун, газсизлантириш учун қолипларга қуйилади, сўнгра аралашма 115 °С ҳароратда 10 дақиқа давомида печда (куритиш шкафида) сақланади.

Секин ёнувчи ва ёнувчан қаттиқ моддалар ва материаллар (поливинхлорид намуналари) гуруҳини экспериментал аниқлаш ГОСТ 12.1.044-89га мувофиқ амалга оширилади. Экспериментал тадқиқотни ўтказиш учун композитциянинг ҳар бир тури учун бешта намуна, шунингдек, таркибида антипирени бўлмаган таққослаш намуналари тайёрланди.

ОТМ асбобида (қурилмасида) ёниш пайтида чиқувчи газларнинг максимал ҳарорати, уларнинг максимал ҳароратга йетган вақтини ва масса йўқотишини аниқлаш учун синовлар ўтказилди. Тақдирот учун ПВХ пластизол намуналари антипирен қўшимчалар билан тайёрланган, уларнинг таркиби ПВХнинг 100 масса улуши учун 0,05 масса улушидан 0,5 масса улушигача ўзгариб туради, таққослаш намунаси сифатида қўшимчаларсиз ПВХ пластизол намунаси тайёрланди. Методикага мувофиқ намуналарнинг узунлиги  $60 (\pm 1)$  мм, баландлиги  $150 (\pm 3)$  мм, қалинлиги эса ҳақиқийга тўғри келади.

Чакнаш ҳарорати (нуқтаси) ( $t_{\text{чак}}$ ) ва алангаланиш нуқтаси ( $t_{\text{аланг}}$ )ни аниқлаш ТВ (очиқ тигел) қурилмасида амалга оширилди. Тадқиқот учун аралашма куруқ тигелга жойлаштирилди ва иситиш ГОСТ 12.1.044-89 да тавсифланган ўлчаш тартибига мувофиқ амалга оширилди. Усул (методика)га кўра, аралашманинг бир қисмида ёки бутун юзасида аланга пайдо бўлганда, эриган намунанинг ҳарорати очиқ тигелда ( $t_{\text{чак}}$ ) учун олинади. Намуналар (синов аралашмаси) етарлича суюқликка олдиндар қиздирилади, лекин кутилган  $t_{\text{чак}}$ дан  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  паст бўлган ҳароратдан ошмаслиги керак. Олинган композитсиянинг номаълум параметрларга эга эканлигига асосланиб ПВХ пластизолларнинг намуналарини тайёрлаш учун ишлатилган ва порлаш (чакнаш) нуқтаси аллақачон маълум бўлган пластификаторнинг чакнаш нуқтаси сифатида кутилган  $t_{\text{чак}}$  олинган. Стандартда кўрсатилган усул бўйича тутун ҳосил қилиш коэффитсиенти ( $D_m$ )ни аниқлаш учун тутуннинг оптик зичлиги аниқланди. Шу мақсадда, ёниш пайтида ҳам, синов

намунасининг маълум миқдорини ёқиш пайтида ҳам ҳосил бўладиган тутуннинг оптик зичлиги аниқланди.

Тадқиқот учун намуна сифатида пластизоллар энг кўп пластификатор (ПВХнинг 100 масса улушига 65 масса улуши) ва шунга мос равишда энг ёнувчан бўлган материаллар сифатида танланган. Ёнувчанлик кўрсаткичларини аниқлаш натижалари 1-жадвалда келтирилган. Ёнувчанлик параметрларини аниқлаш натижаларини таҳлил қилиш шуни кўрсатдики, ПВХнинг 100 масса улушига ўрганилаётган антипиренларнинг 0,05;0,1;0,25 ва 0,5 масса улуши миқдорда киритилиши барча белгиланган параметрларнинг пасайишига олиб келди. Чиқувчи газларининг энг кўп бўлган 290 °С гача пасайиши тадқиқ қилинадиган таркибидаги антипирени 0,25 масса улушига тенг 4 намунада (1-жадвал) кузатилади, антипиренсиз 1 намуна учун эса у 590 °С га тенг (1-жадвал). 4-намуна учун чиқувчи газининг максимал ҳароратига эришиш вақтининг 190 с га ортиши қайд этилган, 1-намуна учун эса 50 с.

### 1 жадвал

**Ўрганилаётган намуналарнинг ёнувчанлик параметрларини аниқлаш натижалари**

Намуна №	Антипирен таркиби, масса улуши	Чиқувчи газларнинг максимал ҳарорати, °С	Чиқувчи газларининг максимал ҳароратга етиш вақти, с	Алангаланишнинг кечикиш вақти, с
1	0	590	50	36
2	0,05	400	120	93
3	0,10	420	165	67
4	0,25	290	190	100
5	0,50	540	175	45

Алангаланишни кечиктириш вақтининг 36 с (1 учун) дан 100 с гача (4 учун) ортиши ҳам кузатилади. Шуни таъкидлаш керакки, антипирени (ёнишни секинлатувчи қўшимчалар) мавжуд бўлмаган 1-намуна тажриба

давомида 95% массасини юқотади ва деярли бутунлай бузилади (йўқ бўлди). Шу билан бирга, 2 ва 3 намуналар ПВХнинг 100 масса улушига 0,5 масса улуши антиприен учун 20%гача массасини ва 0,25 масса улуши антиприен учун 33%гача массасини юқотади. Шу сабабли, фосфор миқдори 0,0003% дан 0,003% гача бўлган антипиреннинг киритилиши ПВХ пластизолнинг ёнувчанлигини пасайишига таъсир қилган деган хулосага келиш мумкин.

Материалнинг алангаланувчанлиги деганда, материалнинг маълум шароитда олов манбасидан алангаланиши ва уни олиб ташлагандан кейин ёнишни давом этиши тушунилади. Алангаланувчанлик моддани қиздирилганда ёнувчи газлар ёки буғларнинг чиқиш тезлиги билан тавсифланади. Полимер материалларнинг алангаланувчанлигини аниқлаш, асосан, чакнаш ҳарорати (нуқтаси) ва алангаланиш ҳароратини аниқлашга келтирилади. Ўрганилаётган пластизолларда кўп миқдорда диоктилфталат бўлганлиги сабабли, парчаланиш маҳсулотлари таркиби ўрганилаётган намуналарнинг ёнувчанлигига сезиларли таъсир кўрсатадиган пластификатор буғлари киради. Тадқиқот давомида аниқланган ДОФнинг  $t_{\text{чак}}$  ва  $t_{\text{аланг}}$  ( $137^{\circ}\text{C}$  ва  $170^{\circ}\text{C}$ ) бу параметрлар ФБ қўшимчалари бўлмаган пластизолларнинг ёнувчанлик кўртаткичларига яқин эканлигини кўрсатади (2-жадвал). Шунинг учун намуналарнинг алангаланувчанлиги пластификатор буғлари мавжудлиги билан белгиланади деб баҳслашиш мумкин

Очиқ тигелда  $t_{\text{чак}}$  ва  $t_{\text{аланг}}$  учун ўрганилаётган эриган намунанинг ҳарорати олинади, бунда олов манбаи таъсирида биринчи навбатда чакнаш пайдо бўлади, сўнгра ёниш содир бўлганидан намуна ҳарорати тигелни кейинги иситиш ва барқарор ёниш олинмагунча газ горелкасига таъсир қилиш орқали аниқланади. Ҳарорат қиймати намунанинг  $t_{\text{аланг}}$  бўлади.  $t_{\text{чак}}$  ва  $t_{\text{аланг}}$ нинг аниқлаш натижалари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвалда келтирилган маълумотлар 2-5 намуналар учун  $t_{\text{чак}}$  ва  $t_{\text{аланг}}$  ортди деган хулосага келишимизга имкон беради. 4-намуна учун энг юқори қийматлар  $t_{\text{чак}} = 225^{\circ}\text{C}$  ва  $t_{\text{аланг}} = 255^{\circ}\text{C}$ . Бинобарин, пластизоллар таркибига



антипиренларни киритилиши материалнинг ёнувчанлигинининг пасайишига олиб келади, бу унинг ёнғин хавфининг пасайишини кўрсатади.

Техник моҳиятига кўра энг яқин ва эришилган эффе́кт 100 масса улиши ПВХ учун 33 масса улуши пластификатор (ДОФ), 22 масса улуши трикрезил-фосфат (антипирен), 4 масса улуши стабилизатор (барий ва кадмий стеарати) кўшилганкомползитсиядир (прототип сифатида  $t_{\text{чак}} = 205 \text{ }^{\circ}\text{C}$  олинган). Ушбу композитсия қурилиш, кабел ва электротехника саноатида ёнувчанлиги паст бўлган маҳсулотларни олиш учун ишлатилади.

Ёниш ва ёниш режимлари учун тутун ҳосил қилиш коэффитсиентини аниқлашда бешта синов натижаларига кўра  $D_m$  нинг ўртача арифметик қиймати ишлатилган. Синов бир хил таркибдаги 3-5 та намунада ўтказилди. Натижа сифатида 2-жадвалда олинган кўрсаткичларнинг ўртача арифметик қийматлари келтирилган.

## 2-жадвал

### Ёнғин хавфи параматерларини аниқлаш натижалари

Намуна №	Антипирен таркиби, масса улуши	Чакнаш ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$	Алангала ниш ҳарорати, $^{\circ}\text{C}$	Тутун ҳосил бўлтиш коэффитсиенти ( $D_m$ ), $\text{м}^2/\text{кг}$
1	0	140	175	2260
2	0,05	160	180	1730
3	0,10	160	195	1680
4	0,25	225	255	1300
5	0,50	185	200	1540

2-жадвалда келтирилган натижаларга кўра антипиреннинг киритилиши 2-5 намуналар учун  $D_m$  нинг пасайишига олиб келишини кўриш мумкин.  $D_m$  нинг энг катта пасайиши 4-намунага нисбатан кузатилади (мос равишда 1300

м<sup>2</sup>/кг ва 2260 м<sup>2</sup>/кг). Шунинг учун, ПВХ пластизол таркибига унинг 100 масса улушига 0,05 масса улушидан 0,5 масса улушигача миқдорда антипиреннинг киритилиши материалнинг тутун ҳосил қилиш қобилиятини пасайишига олиб келди.

Экспериментал тадқиқотлар натижасида уларнинг таркибида антипирен бўлган намуналар юзасида ҳимоя плёнка ҳосил бўлиши аниқланди. Алангаланувчанликнинг пасайиши, масса йўқотиш, алангаланишнинг кечикиш вақтининг ошиши ва тутун ҳосил қилиш қобилиятининг пасайиши бу плёнка намуна сиртини пластификаторнинг буғланишидан ва материални ўзининг парчаланишидан ҳимоя қилишини кўрсатади. Худди шундай таъсирга трикресил фосфатни таркибига фосфор миқдори 10,3% ни ташкил этадиган миқдорда киритиш орқали эришилади.

#### **ХУЛОСА:**

1. Пластификатцияланган ПВХни олиш учун 100 масса улуши эмулсион ПВХ; 65 масса улуши пластификатор (ДОФ); 2 масса улуши стабилизатор – барий ва кадмийстеарати ва янги фосфорорганик полимер антипирен (0,05–0,5 масса улуши, асосан 0,5 масса улуши) дан иборат янги композиция ишлаб чиқилган.

2. Ўрганилаётган антипиреннинг 100 масса улуши ПВХга 0,05 масса улушидан 0,5 масса улушигача миқдорда киритилиши ёнувчанлик, алангаланувчанлик, тутун ҳосил қилиш қобилиятининг пасайишига олиб келдики, бу полимер материалнинг ёнғин хавфини камайишига ёрдам беради.

3. Визуал текширув вақтида антипирени бўлмаган намуналар ёниш пайтида деярли бутунлай йўқ бўлиб кетганлиги, масса йўқотиши 95% ни ташкил этганлиги аниқланди. Антипиренли намуналарнинг сиртида намунанинг кейинги йўқ қилишдан ҳимоя қилувчи ҳимоя плёнка ҳосил бўлади.

4. Антипирен сифатида ишлатиладиган фосфорорганик полимер бирикмаси [поли[(4-винилбензол)бис(2-фенилэтил)-4-хлорометил)фенилэтил]фосфоний хлорид] ҳар қандай лабораторияда ва ҳар қандай ишлаб чиқаришда осонлик билан қайта тикланадиган усул билан синтезланади ва дастлабки бис (2-фенилэтилфосфин) ишлаб чиқариш арзон кизил фосфордан фойдаланишга асосланган.

5. Антипирен пластификатсияланган ПВХни кичик миқдорда (массанинг ўндан бир қисми) олиш учун таркибга киритилади; композитсиялар таркибидаги фосфор миқдори саноатда ишлатиладиган пластиклаштирилган поливинхлорид композитсияларга қараганда юзлаб марта камроқ (мос равишда 0,003% ва 10,3%).

#### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Ўзбекистон Республикасининг 2009 йил 30 сентябрдаги “Ёнғин хавфсизлиги тўғрисида”ги Қонуни ЎРҚ-223-сон. (Ўзбекистон Республикаси қонун ҳужжатлари тўплами, 2009 й., 40-сон, 430-модда).

2. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 20 февралдаги ПҚ-4198-сонли “Қурилиш материаллари саноатини тубдан такомиллаштириш ва комплекс ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги қарори.

3. Воробьев В.А., Андрианов Р.А., Ушков В.А. Горючесть полимерных строительных мате-риалов. М.: Стройиздат, 1978. 79 с.

4. Верижников М.М., Готлиб М.Л., Мукмене-ва Н.А. Стабилизация ПВХ-композиций пласти-фицированных формальмидиоксановых спиртов. Казань: Изд-во Каз. гос. ун-та, 2003. 123 с.

5. Наполнители для полимерных компози-ционных материалов: справочное пособие / под ред. Г.С. Каца и Д.В. Милевски. М.: Химия, 1981. 735 с.

4. Зубкова Н.С., Тюганова М.А., Назарова Н.И. Влияние фосфорорганического замедлителя горения на термическое разложение полиэтилен-терефталата // Химические волокна. 1994. N 1. С. 31–33.

5. Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А. и др. Полимерные материалы с пониженной горючестью / под ред. А.Н. Праведникова. М.: Химия, 1986. 156 с.

6. Варнац Ю., Маас У., Диббар Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ. М: Физ.- мат. лит., 2003. 351 с.